

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-170205  
(P2002-170205A)

(43)公開日 平成14年6月14日(2002.6.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I  
G 11 B 5/31

テマコード(参考)  
F 5D033

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2000-363659(P2000-363659)

(22)出願日 平成12年11月29日(2000. 11. 29)

(22)出願日 平成12年11月29日(2000.11.29)

(71) 出願人 500393893

新科實業有限公司

香港新界葵涌葵豐街38-42號 新科工業中心

## (72) 发明者 的野 俗人

長野県佐久市小田井543

(74)代理人 100109656

弁理士 三反崎 泰司（外1名）

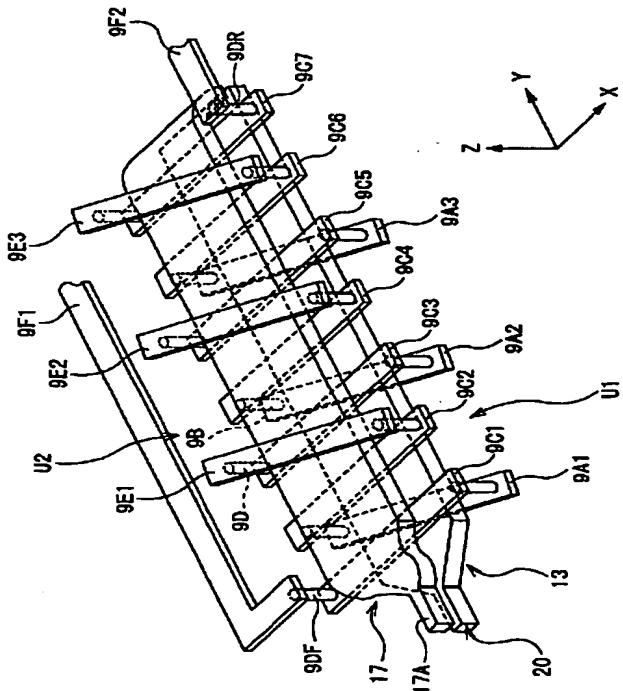
F ターム(参考) 5D033 BA36 BA37 DA04 DA08 DA09  
DA31

(54) [発明の名称] 磁気ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 コイルを小型化しつつ、製造時間を短縮すると共に製造歩留りを向上させることが可能な磁気ヘッドおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 下部磁極 1 3 の周囲を右回りに巻回する第 1 の巻回単位 U 1 と、上部磁極 1 7 の周囲を左回りに巻回する第 2 の巻回単位 U 2 とが交互に連結された連続体をなすように薄膜コイル 9 を構成する。コイルの巻き数を増加させた場合、各コイルパート 9 C 間は緊密になるが、各コイルパート 9 A 間または 9 E 間は十分に離間される。コイルパート 9 C の形成には高い形成精度を要するが、コイルパート 9 A, 9 E の形成にはコイルパート 9 C の形成時ほどの形成精度を要しないため、薄膜コイル 9 のうち、高い形成精度を要する部分の割合が減少する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ギャップを介して互いに対向すると共に記録媒体に面するように配置される2つの磁極、を有し、前記記録媒体に面する記録媒体対向面からこの面と離れる方向に延在する、互いに磁気的に連結された2つの磁性体と、前記2つの磁性体のうちの一方の磁性体を中心として所定の方向に巻回する第1の巻回単位と前記2つの磁性体のうちの他方の磁性体を中心として前記所定の方向と反対方向に巻回する第2の巻回単位とを含み、前記2つの磁性体の延在方向に沿って延在するコイルと、前記コイルを前記2つの磁性体から絶縁する絶縁体とを有する磁気ヘッドであって、

前記コイルは、前記第1の巻回単位と前記第2の巻回単位とを交互に連結してなる連続体をなしていることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項2】 少なくとも前記ギャップ、前記2つの磁性体、前記コイルおよび前記絶縁体は薄膜よりもなるものであることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項3】 ギャップ層を介して互いに対向すると共に記録媒体に面するように配置される2つの磁極、を有し、前記記録媒体に面する記録媒体対向面からこの面と離れる方向に延在する、互いに磁気的に連結された2つの磁性層と、前記2つの磁性層のうちの一方の磁性層を中心として所定の方向に巻回する第1の巻回単位と前記2つの磁性層のうちの他方の磁性層を中心として前記所定の方向と反対方向に巻回する第2の巻回単位とを含み、前記2つの磁性層の延在方向に沿って延在する薄膜コイルと、前記薄膜コイルを前記2つの磁性層から絶縁する絶縁層とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記薄膜コイルを構成する複数の構成要素を順に積層して形成することにより、前記第1の巻回単位と前記第2の巻回単位とが交互に連結された連続体をなすように前記薄膜コイルを形成することを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、少なくとも書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、例えば、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと、読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magneto Resistive）と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造を有する複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【0003】 記録ヘッドは、例えば、記録ギャップ（write gap）を挟んでその上下に配設され、一端部において

磁気的に連結された上部磁極（トップポール）および下部磁極（ボトムポール）と、磁束発生用のコイルとを含んで構成されている。上部磁極および下部磁極は、磁気記録媒体（以下、単に「記録媒体」という。）に面する記録媒体対向面（エアベーリング面）に近い側の領域の記録ギャップ近傍において互いに同一の一定幅（一定幅部分）を有しており、これらの部位により記録トラック幅を規定する「磁極部分」が構成されている。

【0004】 コイルの構造としては、例えば、上部磁極や下部磁極または上部磁極と下部磁極との接続部を中心として2次元的に（一平面内に）巻かれた「スパイラル構造」や、上部磁極や下部磁極の周囲を巻回する「ヘリカル構造」などが知られている。これらのコイル構造を適用した例として、例えば、特開平5-242429では、対向配置された上部磁性コアおよび下部磁性コアを備える薄膜磁気ヘッドにおいて、下部綿状導電膜および上部綿状導電膜等により構成されたヘリカル状導体コイルが上部磁性コアの周囲を巻回する構造を開示している。また、実用新案第3033043号では、対向配置された第1コアおよび第2コアを備える薄膜磁気ヘッドにおいて、第1コアの周囲を右回り（または左回り）に巻回すると共に第2コアの周囲を左回り（右回り）に巻回する複数のスパイラル状の薄膜コイル層が階層的に配設され、これらの薄膜コイル層が互いに連結された構造を開示している。また、特開平5-101337では、対向配置された下層薄膜磁気コアおよび上層薄膜磁気コアを備える薄膜磁気ヘッドにおいて、下層薄膜磁気コアの周囲を巻回するヘリカル状コイルと上層薄膜磁気コアの周囲を巻回するヘリカル状コイルとがスパイラル状コイルを介して連結された構造を開示している。

【0005】 薄膜磁気ヘッドでは、例えば、情報の記録動作時においてコイルに電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部磁極および下部磁極により構成された磁束の伝播経路（以下、「磁路」という。）を経由し、磁極部分の一部を構成する上部磁極の一定幅部分へ伝播する。一定幅部分へ伝播した磁束は、さらに、そのエアベーリング面側の先端部に到達する。一定幅部分の先端部に到達した磁束が記録ギャップ近傍の外部に漏れることにより記録用の信号磁界が発生する。この信号磁界により記録媒体が部分的に磁化され、情報が記録される。

【0006】 【発明が解決しようとする課題】 ところで、近年、薄膜磁気ヘッドの小型化を目的として、例えば、コイルの小型化が求められている。コイルの小型化を考慮した際、2次元的な広がりを有するスパイラル構造よりも、コイルの占める領域が小さいヘリカル構造がコイル構造として適切であり、コイルの巻線間を緊密にすることによりコイル構造をより小型化することが可能であると考えられる。

【0007】しかしながら、従来は、以下のような理由により、薄膜磁気ヘッドの製造に長時間を要すると共に、製造歩留りが低下するという問題があった。すなわち、例えば、コイルを小型化すべくコイルの巻線間を緊密にするためには、高い形成精度が要求される。このような場合には、高い形成精度を確保するためにコイルの製造工程が煩雑化するため、薄膜磁気ヘッドの製造に要する時間が長くなる。また、コイルの形成精度が十分でなかったり、コイル形成時において形成精度に微妙なずれが生じると、コイル巻線間の接触に起因して短絡等が生じ、薄膜磁気ヘッドの製造歩留りが低下する可能性がある。すなわち、従来は、コイルの小型化と製造歩留り等の向上とを適正に両立させることは困難であった。

【0008】なお、上記の問題は、薄膜磁気ヘッドの他、これと同様の構造（対向する2つの磁性体と磁束発生用のコイル）を有する他の磁気ヘッド（例えばビデオテープ記録再生用のヘッド）においても同様に生じるものである。

【0009】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、コイルを小型化しつつ、製造時間を短縮すると共に製造歩留りを向上させることが可能な磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気ヘッドは、ギャップを介して互いに対向すると共に記録媒体に面するように配置される2つの磁極を有し、記録媒体に面する記録媒体対向面からこの面と離れる方向に延在する互いに磁気的に連結された2つの磁性体と、2つの磁性体のうちの一方の磁性体を中心として所定の方向に巻回する第1の巻回単位と2つの磁性体のうちの他方の磁性体を中心として所定の方向と反対方向に巻回する第2の巻回単位とを含み、2つの磁性体の延在方向に沿って延在するコイルと、コイルを2つの磁性体から絶縁する絶縁体とを有する磁気ヘッドであり、コイルが、第1の巻回単位と第2の巻回単位とを交互に連結してなる連続体をなすものである。

【0011】本発明の磁気ヘッドでは、コイルが、第1の巻回単位と第2の巻回単位とを交互に連結してなる連続体をなしている。これにより、コイルのうち、高い形成精度を要する部分の割合が減少する。

【0012】本発明の磁気ヘッドでは、少なくともギャップ、2つの磁性体、コイルおよび絶縁体が薄膜よりもなるようにしてもよい。

【0013】本発明の磁気ヘッドの製造方法は、ギャップ層を介して互いに対向すると共に記録媒体に面するように配置される2つの磁極を有し、記録媒体に面する記録媒体対向面からこの面と離れる方向に延在する互いに磁気的に連結された2つの磁性層と、2つの磁性層のうちの一方の磁性層を中心として所定の方向に巻回する第1の巻回単位と2つの磁性層のうちの他方の磁性層を中

心として所定の方向と反対方向に巻回する第2の巻回単位とを含み、2つの磁性層の延在方向に沿って延在する薄膜コイルと、薄膜コイルを2つの磁性層から絶縁する絶縁層とを有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であり、薄膜コイルを構成する複数の構成要素を順に積層して形成することにより、第1の巻回単位と第2の巻回単位とが交互に連結された連続体をなすように薄膜コイルを形成するようにしたものである。

【0014】本発明の磁気ヘッドの製造方法では、薄膜コイルを構成する複数の構成要素が順に積層されて形成されることにより、第1の巻回単位と第2の巻回単位とが交互に連結された連続体をなすように薄膜コイルが形成される。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0016】まず、図1～図22を参照して、本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によって具現化されるので、以下併せて説明する。

【0017】図1～図12において、(A)はエアペアリング面に垂直な断面構造を示し、(B)は磁極部分のエアペアリング面に平行な断面構造を示している。図13～図20は主要な製造工程に対する斜視構造、図21は薄膜コイル9、下部磁極13および上部磁極17の完成状態における斜視構造、図22は完成状態における薄膜コイル9の構造を1本の線状に簡略化して表したものである。ここで、図13～図20において、図13は図2、図14は図4、図15は図5、図16は図6、図17は図7、図18は図8、図19は図9、図20は図10に示した状態にそれぞれ対応している。上記した図2～図10の(A)は、図13～図20におけるA-A線に沿った矢視断面に相当する。

【0018】以下の説明では、図1～図22の各図中ににおけるX軸方向を「幅（または幅方向）」、Y軸方向を「長さ（または長さ方向）」、Z軸方向を「厚み（または厚み方向）」と表記すると共に、Y軸方向のうち、エアペアリング面20側（または後工程においてエアペアリング面20となる側）を「前側（または前方）」、その反対側を「後側（または後方）」と表記するものとする。

【0019】<薄膜磁気ヘッドの製造方法>本実施の形態の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、図1に示したように、例えばアルティック ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ ) からなる基板1上に、例えば酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ；以下、単に「アルミナ」という。) よりなる絶縁層2を約3.0  $\mu\text{m}$ ～5.0  $\mu\text{m}$ 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層2上に、例えば後述するフレームめつ

き法により、例えばニッケル鉄合金（NiFe：以下、単に「パーマロイ（商品名）という。」）よりなる下部シールド層3を約2.0μmの厚みで選択的に形成する。

【0020】次に、図1に示したように、下部シールド層3上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなるシールドギャップ膜4を約0.01μm～0.1μmの厚みで形成する。次に、シールドギャップ膜4上に、高精度のフォトリソグラフィ処理により、MR素子を構成するためのMR膜5を所望のパターン形状となるように形成する。次に、高精度のフォトリソグラフィ処理により、MR膜5と電気的に接続する引き出し電極層としてのリード層（図示せず）を選択的に形成する。次に、シールドギャップ膜4を形成した場合と同様の手法によりMR膜5を覆うようにシールドギャップ膜6を形成し、MR膜5等をシールドギャップ膜4、6内に埋設する。

【0021】次に、シールドギャップ膜4、6上に、例えばフレームめっき法により、例えばパーマロイよりなる上部シールド層7を約1.0μm～2.0μmの厚みで選択的に形成する。

【0022】次に、図2および図13に示したように、上部シールド層7上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる絶縁膜8を約0.1μm～0.2μmの厚みで選択的に形成する。絶縁膜8を形成する際には、後工程において他の上部シールド層10（図3参照）が形成されることとなる領域（開口部7K）を覆わないようにする。

【0023】次に、図2および図13に示したように、絶縁膜8上に、例えばフレームめっき法により、例えば銅（Cu）よりなる複数のコイルパート9A（例えば9A1、9A2、9A3）を約1.0μm～1.5μmの厚みで選択的に形成する。このコイルパート9Aは、後述する薄膜コイル9（図10および図21参照）の一部を構成することとなるものであり、例えば、図13に示したように、矩形をなした帯状の平面形状を有するものである。コイルパート9Aを形成する際には、後工程において形成される一連のコイルパート（9B、9C、9D、9E）と接続され、最終的にこれらのコイルパートの集合体として薄膜コイル9が形成されるように位置合わせをする。より具体的には、例えば、コイルパート9Aの長手方向が、幅方向（図中のX軸方向）に対して傾くように配置する。なお、コイルパート9Aの平面形状は、必ずしも矩形状に限らず、自由に変更可能である。また、コイルパート9Aの配設個数は、下部磁極13および後述する上部磁極17（図8参照）に対する後述する薄膜コイル9の巻回数（巻き数）に応じて自由に変更可能である。

【0024】フレームめっき法によりコイルパート9Aを形成する際には、まず、絶縁膜8上に、例えばスパッ

タリングにより、電解めっき法におけるシード層となる電極膜を形成する。電極膜の形成材料としては、例えば、コイルパート9Aの形成材料と同様の材料（銅）などを用いるようとする。次に、上記の電極膜上にフォトトレジストを塗布してフォトトレジスト膜を形成したのち、このフォトトレジスト膜上に露光用のフォトマスクを選択的に形成する。フォトマスクを形成する際には、コイルパート9Aの平面形状に対応する平面形状を有するようすると共に、コイルパート9Aの形成位置に対応するように位置合わせをする。次に、フォトマスクを用いてフォトトレジスト膜に対して露光処理を施したのち、このフォトトレジスト膜を現像することにより、コイルパート9Aを形成するための枠組み（フレームパターン）を選択的に形成する。次に、フレームパターンをマスクとして用いると共に、先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めっき法により銅をめっき成長させることによりコイルパート9Aを選択的に形成する。最後に、コイルパート9Aを形成したのち、フレームパターンを除去する。

【0025】次に、図3に示したように、開口部7Kに、例えばフレームめっき法により、例えばパーマロイよりなる上部シールド層10を約2.5μm～3.0μmの厚みで選択的に形成する。次に、コイルパート9Aおよび上部シールド層10等により構成された凹凸領域を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる前駆絶縁膜11Pを約3.0μm～4.0μmの厚みで形成する。この前駆絶縁膜11Pは、後工程において研磨処理を施されることにより絶縁膜11となる前準備層である。

【0026】次に、例えばCMP（化学機械研磨）法により、全体を研磨して平坦化することにより、図4および図14に示したように、コイルパート9A等を埋設する絶縁膜11を形成する。絶縁膜11を形成する際には、少なくとも上部シールド層10が露出するまで研磨処理を行うようとする。

【0027】次に、図14に示したように、例えばリアクティブイオンエッティング（Reactive Ion Etching；以下、単に「RIE」という。）により、絶縁膜11のうち、コイルパート9A（9A1、9A2、9A3）の両端部近傍に対応する部分を選択的にエッティングして掘り下げるにより、例えば円形の開口形状を有する複数の接続ホール11Hを形成する。接続ホール11Hを形成する際には、コイルパート9Aが露出するまでエッティング処理を行うようとする。この接続ホール11Hは、コイルパート9Aと後工程において形成されるコイルパート9B（図17および図21参照）とを接続させるためのものである。なお、接続ホール11Hの開口形状は必ずしも円形に限らず、自由に変更可能である。

【0028】次に、図5および図15に示したように、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナ

よりなる絶縁膜12を約0.1μm～0.2μmの厚みで形成する。絶縁膜12を形成する際には、図15に示したように、先工程において形成した接続ホール11Hを覆わないようにする。

【0029】次に、図5および図15に示したように、絶縁膜12のうち、接続ホール11H群により囲まれた領域上に、例えばフレームめっき法により、全てのコイルパーツ9Aを横断するように例えばパーマロイよりも下部磁極13を約2.0μm～3.0μmの厚みで選択的に形成する。下部磁極13を形成する際には、例えば、図15に示したように、後工程においてエアペアリング面20となる側(図中の左側)から順に先端部13Aおよび後端部13Bを含むようにする。具体的な下部磁極13の構造としては、例えば、先端部13Aが、記録トラック幅を規定する極微小な一定幅を有するようになると共に、後端部13Bが、その後方部においてほぼ一定の幅を有し、前方部において先端部13Aに近づくにつれて幅が狭まるようにする。ここで、下部磁極13が本発明における「一方の磁性体」または「一方の磁性層」の一具体例に対応する。

【0030】次に、図6および図16に示したように、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりも記録ギャップ層14を約0.1μm～0.3μmの厚みで形成する。記録ギャップ層14を形成する際には、下部磁極13と後工程において形成される上部磁極17(図8参照)とを接続させるための開口部14Kを覆わないようにする。ここで、記録ギャップ層14が本発明における「ギャップ」または「ギャップ層」の一具体例に対応する。

【0031】次に、記録ギャップ層14上に、高精度のフォトリソグラフィ処理により、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を所定のパターンとなるように形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、約200°C～250°Cの範囲内における温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図6および図16に示したように絶縁膜15が選択的に形成される。この絶縁膜15は、主に、下部磁極13と後工程において形成されるコイルパーツ9Cとの間を電気的に絶縁するものである。加熱時にフォトレジストが流動することにより、絶縁膜15の端縁近傍は丸みを帯びた斜面をなす。絶縁膜15を形成する際には、例えば、後工程において形成されるコイルパーツ9C(図7および図17参照)の配設領域に対応するように位置合わせをすると共に、図16に示したように、先工程において形成した接続ホール11Hおよび開口部14Kを覆わないようにする。

【0032】次に、図17に示したように、例えば電解めっき法により、接続ホール11H中に例えば銅よりもめっき膜を成長させることにより、薄膜コイル9の一部を構成することとなる複数のコイルパーツ9Bを選択

的に形成する。このコイルパーツ9Bは、図21に示したように、例えば、接続ホール11Hの内部構造に対応して円柱状の構造をなすように形成される。

【0033】次に、図7および図17に示したように、例えばコイルパーツ9Aを形成した場合と同様のフレームめっき法により、例えば銅よりも複数のコイルパーツ9C(例えば9C1, 9C2, 9C3, 9C4, 9C5, 9C6, 9C7)を約1.5μmの厚みで選択的に形成する。より具体的には、例えば、コイルパーツ9Cが矩形をなした帯状の平面形状を有するようにと共に、コイルパーツ9Cの長手方向が長さ方向(図中のY軸方向)に対してほぼ直交するようにする。コイルパーツ9Cを形成する際には、コイルパーツ9C1の一端とコイルパーツ9A1の一端とがコイルパーツ9Bを介して接続されると共に、コイルパーツ9C2の他端とコイルパーツ9A1の他端とがコイルパーツ9Bを介して接続されるようにし、一連のコイルパーツ群(9C1, 9B, 9A1, 9B, 9C2)により構成される接続単位を形成する。そして、他のコイルパーツ群(9C3, 9B, 9A2, 9B, 9C4および9C5, 9B, 9A3, 9B, 9C6)についても同様に接続単位を形成する。各接続単位(コイルパーツ9A, 9B, 9C)は、図21に示したように、下部磁極13(後端部13B)の周囲を巻回することとなる。以下では、特に、コイルパーツ9A, 9B, 9Cにより構成される接続単位を「第1の巻回単位U1」と呼称するものとする(図22参照)。

【0034】次に、図8および図18に示したように、コイルパーツ9Cおよびその周辺領域を覆うように、例えば絶縁膜15を形成した場合と同様の材料および形成方法を用いて、例えばフォトレジストよりも絶縁膜16を形成する。コイルパーツ9Cは、絶縁膜16により埋設される。

【0035】次に、図8および図18に示したように、後工程においてエアペアリング面20となる側から開口部14Kに至る領域上に、例えばフレームめっき法により、例えばパーマロイよりも上部磁極17を約2.0μm～3.0μmの厚みで選択的に形成する。上部磁極17を形成する際には、例えば、図18に示したように、下部磁極13(先端部13A, 後端部13B)とほぼ同様の構造(先端部17A, 後端部17B)を有し、厚み方向(図中のZ軸方向)において下部磁極13と対向するようにする。下部磁極13と上部磁極17とは開口部14Kにおいて磁気的に連結され、下部磁極13および上部磁極17により磁路が形成される。記録トラック幅を規定する極微小な一定幅を有する先端部13Aと先端部17Aとが記録ギャップ層14を介して対向することにより、磁極部分100が形成される(図8(B)参照)。ここで、上部磁極17が本発明における「他方の磁性体」または「他方の磁性層」の一具体例に対応す

る。

【0036】次に、図9および図19に示したように、上部磁極17上に、例えば絶縁膜15を形成した場合と同様の材料および形成方法を用いて、例えばフォトレジストよりなる絶縁膜18を選択的に形成する。この絶縁膜18は、上部磁極17と後工程において形成されるコイルパーツ9Eとの間を電気的に絶縁するものである。絶縁膜18を形成する際には、後工程において形成されるコイルパーツ9E(図10、図20参照)の配設領域に対応するように位置合わせする。ここで、絶縁膜1, 12, 15, 16, 18により構成される絶縁体が本発明における「絶縁体」または「絶縁層」の一具体例に対応する。

【0037】次に、図19に示したように、絶縁膜1, 18および上部磁極17のうち、コイルパーツ9C1～9C6におけるコイルパーツ9Bが配設されていない側の端部近傍に対応する部分およびコイルパーツ9C7の両端近傍に対応する部分を選択的にエッチングして掘り下げることにより、例えば円形の開口形状を有する複数の接続ホール18Hを形成する。接続ホール18Hを形成する際には、コイルパーツ9Cが露出するまでエッチング処理を行うようにする。この接続ホール18Hは、主に、コイルパーツ9Cと後工程において形成されるコイルパーツ9D(図20、図21参照)とを接続させるためのものである。

【0038】次に、図20に示したように、例えば電解めっき法により、接続ホール18H中に例えば銅よりもめっき膜を成長させることにより複数のコイルパーツ9Dを選択的に形成する。このコイルパーツ9Bは、例えば、図21に示したように、先工程において形成されたコイルパーツ9Bと同様に、接続ホール18Hの内部構造に対応して円柱状の構造をなすように形成される。

【0039】次に、図10および図20に示したように、絶縁膜18上に、例えばフレームめっき法により、例えば銅よりも複数のコイルパーツ9E(例えば9E1, 9E2, 9E3)を約1.5μmの厚みで選択的に形成する。コイルパーツ9Eを形成する際には、コイルパーツ9E1の一端とコイルパーツ9C2の一端とがコイルパーツ9Dを介して接続されると共に、コイルパーツ9E1の他端とコイルパーツ9C3の他端とがコイルパーツ9Dを介して接続されるようにし、一連のコイルパーツ群(9C2, 9D, 9E1, 9D, 9C3)により構成される接続単位を形成する。そして、他のコイルパーツ群(9C4, 9D, 9E2, 9D, 9C5および9C6, 9D, 9E3, 9D, 9C7)についても同様に接続単位を形成する。各接続単位(コイルパーツ9C, 9D, 9E)は、図21に示したように、上部磁極17(後端部17B)の周囲を巻回することとなる。以下では、特に、コイルパーツ9C, 9D, 9Eにより構成される接続単位を「第2の巻回単位U2」と呼称する

ものとする(図22参照)。なお、薄膜コイル9を形成する際には、例えば、下部磁極13および上部磁極17のそれぞれの周辺領域における磁束の発生量および後述する磁束の発生タイミングを均等化するために、第1の巻回単位U1の数と第2の巻回単位U2の数とを一致させるようにするのが好ましい(図22参照)。

【0040】コイルパーツ9Eを形成することにより、一連のコイルパーツ(9A, 9B, 9C, 9D, 9E)の集合体として薄膜コイル9が形成される。コイルパーツ9Eを形成する際には、例えば、同時に、コイルパーツ9C1の他端部に形成されたコイルパーツ9DFと接続されるようにリード線9F1を形成すると共に、コイルパーツ9C7の一端部に形成されたコイルパーツ9DRと接続されるようにリード線9F2を形成する。リード線9F1, 9F2の形成材料としては、例えば、薄膜コイル9と同様に銅などを用いるようにする。

【0041】次に、図11に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料によるオーバーコート層19を約20μm～40μmの厚みで形成する。

【0042】最後に、図12に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面20を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0043】<薄膜磁気ヘッドの構造>次に、図12、図21および図22を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造について説明する。

【0044】図12に示したように、絶縁膜15の前端の位置は、記録ヘッドの性能を決定する因子の1つであるスロートハイト(TH)を決定する際の基準となる位置、すなわちスロートハイトゼロ位置(TH0位置)である。スロートハイト(TH)は、絶縁膜15の前端の位置(TH0位置)からエアベアリング面20までの長さとして規定される。

【0045】図21および図22に示したように、薄膜コイル9は、上記したように、積層形成された一連のコイルパーツ(9A, 9B, 9C, 9D, 9E)の集合体として構成されている。この薄膜コイル9は、エアベアリング面20から第1の巻回単位U1および第2の巻回単位U2を交互に連続して含み、下部磁極13(後端部13B)および上部磁極17(後端部17B)に交互に巻きつきながら延在する連続体をなしている。具体的には、例えば、第1の巻回単位U1では、薄膜コイル9が下部磁極13を中心として右回りに巻回し、第2の巻回単位U2では、薄膜コイル9が上部磁極17を中心として左回りに巻回している。すなわち、エアベアリング面20側から見た薄膜コイル9の軌道は、「8」の字を描くようになっている(図22参照)。以下の説明では、主に、下部磁極13および上部磁極17の双方に均等に(バランスよく)コイルが巻きつく点に着目し、特に、

薄膜コイル9の構造を「バランス巻き構造」と呼称することとする。薄膜コイル9の両端部に接続されたリード線9F1, 9F2は、共に図示しない外部回路に接続されており、この外部回路により薄膜コイル9を導通させることができるようにになっている。

【0046】<薄膜磁気ヘッドの動作>次に、図12、図21および図22を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの動作について説明する。

【0047】この薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時において、図示しない外部回路を通じてリード線9F1から9F2に向かって薄膜コイル9に電流Iが流れると、これに応じて磁束Jが発生する。このとき、第1の巻回単位U1では、右回りに巻回するように電流Iが流れることにより、下部磁極13内を後方に向かって伝播する磁束Jの流れが生じ、一方、第2の巻回単位U2では、左回りに巻回するように電流Iが流れることにより、上部磁極17内を前方に向かって伝播する磁束Jの流れが生じる。これにより、薄膜コイル9により発生した磁束は、磁路内を下部磁極13から上部磁極17（先端部17A）に向かって伝播し、最終的に先端部17Aのエアベアリング面20側の先端部分に到達する。先端部17Aの先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層14近傍の外部に記録用の信号磁界が発生する。なお、リード線9F2から9F1に向かって逆方向に電流Iを流すことにより、磁路内を上部磁極17から下部磁極13に向かって磁束が伝播し、上記の場合と逆向きの信号磁界が発生する。これらの信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

【0048】一方、情報の再生動作時においては、MR膜5にセンス電流を流す。MR膜5の抵抗値は、磁気記録媒体からの再生信号磁界に応じて変化するので、その抵抗変化をセンス電流の変化によって検出することにより、磁気記録媒体に記録されている情報を読み出すことができる。

【0049】<本実施の形態の作用および効果>次に、図12および図23を参照して、本実施の形態の作用および効果について説明する。図23は、本実施の形態の薄膜磁気ヘッドに対する比較例としての薄膜磁気ヘッドの断面構成を表すものであり、図12に対応するものである。図23では、例えば、薄膜コイル99が、上部磁極17（ヨーク部17B）の周囲を巻回するヘリカル構造を有する場合を示している。本実施の形態では、図12に示したように、薄膜コイル9が、第1の巻回単位U1および第2の巻回単位U2を交互に連続して含みながら下部磁極13および上部磁極17の延在方向に沿って延在するバランス巻き構造を有するようにしたので、以下のような理由により、薄膜磁気ヘッドの製造に要する時間を短縮すると共に製造歩留りを向上させることができる。

【0050】すなわち、薄膜磁気ヘッドの小型化を実現するためには、コイルの巻線間を緊密にして薄膜コイルを小型化する必要がある。しかしながら、ヘリカル構造を有する薄膜コイル99を搭載した比較例としての薄膜磁気ヘッド（図23参照）を製造する場合には、コイルの占める領域（占有領域）がスパイラル構造を有する場合よりも小さいという点において利点が得られる一方、コイル巻線間を緊密にすると各巻線間距離D1が小さくなるため、薄膜コイル99の形成に際して高い形成精度が要求される。このような場合には、薄膜コイル99の形成精度が十分でなかったり、または薄膜コイル99形成時において形成精度に微妙なずれが生じると、コイル巻線間の接触に起因して短絡等が生じ、薄膜磁気ヘッドの製造歩留りが低下する可能性がある。

【0051】ここで、薄膜コイル99を高精度に形成する手法としては、例えば、薄膜コイル99の形成領域における下地の表面を研磨処理を用いて平坦化する方法がある。これは、例えばフレームめっき法を用いて薄膜コイルを形成する際に、下地の表面が凹凸をなしていると、フレームパターンを形成するための露光工程において下地の表面から斜め方向や横方向に反射する反射光に起因してフレームパターンの形成精度が低下するため、下地の表面を研磨して平坦化することにより反射光による悪影響を抑制するものである。ところが、研磨処理を行うと製造工程数が増加するため、薄膜磁気ヘッドの製造に要する時間が長くなってしまう。すなわち、比較例の場合には、薄膜コイル99の小型化と製造歩留り等の向上とを両立させることは困難であった。

【0052】これに対して、本実施の形態では、図12に示したように、コイルの小型化に応じてコイルパート9C間の距離D2（ほぼD2=D1）は狭まるが、コイルパート9A間の距離D3およびコイルパート9E間の距離D4（ほぼD3=D4）は十分な距離が確保される。このような場合には、コイルパート9Cの形成に関しては高い形成精度が要求されるが、コイルパート9A, 9Eの形成に関してはコイルパート9Cの形成に要するほどの形成精度を必要としない。したがって、本実施の形態では、上記した比較例の場合（薄膜コイル99を形成する場合）よりも、薄膜コイル9のうち、高い形成精度が要求される部分の割合が減少するため、短絡等の不具合が生じる可能性が低下し、薄膜コイルの製造歩留りが向上する。しかも、バランス巻き構造を有する薄膜コイル9の占める領域（占有領域）は、ヘリカル構造を有する薄膜コイル（例えば薄膜コイル99）の占有領域よりは若干大きくなるが、スパイラル構造を有する薄膜コイルに比べるとその占有領域は大幅に小さくなるため、薄膜コイル9の小型化も実現することができる。

【0053】さらに、本実施の形態では、コイルパート9A, 9Eの形成に高い形成精度を要しないことに基づき、これらの部位の形成工程において研磨処理を行なう必

要がないため、薄膜コイル9の形成を容易化することにより製造工程数を削減し、薄膜磁気ヘッドの製造に要する時間を短縮することができる。すなわち、本実施の形態薄膜磁気ヘッドでは、従来の技術の項において例示した薄膜磁気ヘッド（特開平5-242429、実用新案第3033043号、特開平5-101337）とは異なり、コイルの小型化と製造歩留り等の向上とを適正に両立させることができる。

【0054】また、本実施の形態では、磁束の発生タイミングに起因するノイズ成分の発生の抑制に係る観点においても利点を有する。図24は本実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造、図25は本実施の形態の薄膜磁気ヘッドに対する他の比較例としての薄膜磁気ヘッドの構造をそれぞれ模式的に示したものである。図25に示した薄膜コイル109（例えば巻き数6回）は、ヘリカル構造を有するものであり、下部磁極13の周囲をその延在方向に沿って巻回する巻回単位U3A、U3B、U3Cと、上部磁極17の周囲をその延在方向に沿って巻回する巻回単位U4A、U4B、U4Cとが連結された連続体をなしている。この薄膜コイル109では、電流を流した際の磁束の発生状態が不均等になる。すなわち、薄膜コイル209に電流を流すと、磁束の発生領域は巻回単位U3A、U3B、U3C、U4C、U4B、U4Aの順に移行し、下部磁極13の領域（U3A、U3B、U3C）において磁束が発生したのち、上部磁極17の領域（U4A、U4B、U4C）において磁束が発生することとなる。このような場合には、下部磁極13と上部磁極17とで磁束の発生タイミングが大きく異なってしまうため、不均一な磁壁の移動が生じ、ポップコーンノイズなどのライトアフターノイズが発生してしまう。

【0055】これに対して、本実施の形態（図24参照）では、薄膜コイル109と同一の巻き数（6回）を有するとすると、磁束の発生領域は、U1A、U2A、U1B、U2B、U1C、U2Cの順に移行し、下部磁極13と上部磁極17とを含めた磁極全体として磁束の発生タイミングが均等化される。これにより、上記した比較例の場合とは異なり、ポップコーンなどのライトアフターノイズの発生を抑制することができる。

【0056】また、本実施の形態では、薄膜コイル9がバランス巻き構造を有することにより、上記したノイズ成分の発生の抑制の他、記録特性の安定化という利点も有することとなる。図26は、本実施の形態の薄膜磁気ヘッドに対するさらに他の比較例としての薄膜磁気ヘッドの構造を模式的に示したものであり、薄膜コイル209が例えスパイラル構造を有している。スパイラル構造を有する薄膜コイル209では、磁路構成部品（下部磁極13、上部磁極17）への磁束Jの収容効率、すなわち、薄膜コイル209により発生した磁束量J1に対する磁路構成部品に収容される磁束量J2の割合（J2/J1）が十分ではない。なぜなら、薄膜コイル209

により発生した磁束Jのうち、下部磁極13および上部磁極17よりも後方に発生した磁束Jが磁路構成部品に収容されにくいからである。

【0057】これに対して、本実施の形態（図24参照）では、薄膜コイル9の全ての部分が下部磁極13および上部磁極17に近接して周囲を巻回しているため、薄膜コイル9により発生した磁束Jが磁路構成部品に十分に収容され、磁路構成部品への磁束Jの収容効率が向上する。これにより、上部磁極13の先端部13Aにおける磁束密度が増大し、安定した記録特性を確保することができる。

【0058】また、本実施の形態では、薄膜磁気ヘッドの高周波応答特性の観点においても利点を有する。すなわち、一般に、薄膜磁気ヘッドの高周波応答特性は、薄膜コイルのコイルインダクタンスが小さくなるほど向上する。薄膜コイルのコイルインダクタンスは、例えば、薄膜コイルのうちのリング状をなす部分の半径（コイル半径）が小さくなるにつれて減少することが知られている。スパイラル構造を有する薄膜コイル209（図26参照）では、コイルの巻き数の増加に応じてコイル半径が増大するため、コイルインダクタンスが大きくなり、高周波応答特性が劣化してしまう。これに対して、本実施の形態の薄膜コイル9（図24参照）では、薄膜コイル209の場合よりもコイル半径が小さくなり、コイルの巻き数を増加させた場合においてもコイル半径が維持されるため、コイルインダクタンスを小さくし、高周波応答特性を向上させることができる。

【0059】このことは、図27に示した薄膜磁気ヘッドの励磁磁界特性に関する実験結果から明らかである。図27は、励磁磁界Lの立ち上がり特性に関する実験結果である。図中の「横軸」は時間T、「縦軸」は励磁磁界の強さLをそれぞれ表し、「A」はバランス巻き構造を有する薄膜コイル9を搭載した本実施の形態の薄膜磁気ヘッド（図24参照）、「B」はスパイラル構造を有する薄膜コイルを搭載した比較例としての薄膜磁気ヘッド（図26参照）の特性をそれぞれ表している。なお、「A」および「B」の薄膜磁気ヘッドにおける磁束の発生量は同一である。図27に示したように、本実施の形態の薄膜磁気ヘッド（A）における励磁磁界Lの立ち上がり勾配の方が、比較例としての薄膜磁気ヘッド（B）における励磁磁界Lの立ち上がり勾配よりも急峻であり、より短時間で安定する。

【0060】なお、本実施の形態では、5種類のコイルパーツ（9A～9E）の集合体として薄膜コイル9を構成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、薄膜コイル9を構成するコイルパーツの種類の数は自由に変更可能である。具体的には、例えば、図28に示したように、コイルパーツ9Bおよび9Cを「9G」として一体形成すると共に、コイルパーツ9Dおよび9Eを「9H」として一体形成し、3種類のコールパー

ツ（9 A., 9 G, 9 H）により薄膜コイル9が構成されるようにもよい。コイルパーツ数を少なくすることにより、薄膜コイル9の形成に要する製造工程数が削減されるため、薄膜磁気ヘッドの製造に要する時間を短縮することができる。なお、図28に示した薄膜磁気ヘッドにおける上記以外の構造は、図21の場合と同様である。

【0061】また、本実施の形態では、図21および図22に示したように、第1の巻回単位U1において薄膜コイル9が下部磁極13を中心として右回りに巻回し、第2の巻回単位U2において薄膜コイル9が上部磁極17を中心として左回りに巻回するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、第1の巻回単位U1および第2の巻回単位U2における薄膜コイル9の巻回方向を逆にするようにしてもよい。このような場合においても、上記実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。

【0062】また、本実施の形態では、薄膜コイル9が第1の巻回単位U1において下部磁極13の周囲を巻回し、第2の巻回単位U2において上部磁極17の周囲を巻回するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、第1の巻回単位U1において上部磁極17の周囲を巻回し、第2の巻回単位U2において下部磁極13の周囲を巻回するようにしてもよい。

【0063】また、本実施の形態では、第1の巻回単位U1において薄膜コイル9が下部磁極13の周囲を1回巻回し、第2の巻回単位U2において薄膜コイル9が上部磁極17の周囲を1回巻回するようにしたが、各巻回単位（U1, U2）における薄膜コイル9の巻回数は自由に変更可能である。具体的には、例えば、第1の巻回単位U1および第2の巻回単位U2における巻回数を複数回としてもよいし、第1の巻回単位U1と第2の巻回単位U2とで巻回数が異なるようにしてもよい。ただし、薄膜コイル9の巻回数を変更する場合には、上記したように、下部磁極13周辺における磁束の発生量と上部磁極17周辺における磁束の発生量とを均等にすべく、第1の巻回単位U1における総巻回数と第2の巻回単位U2における総巻回数とを同一にするのが好ましい。

【0064】以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形することができる。例えば、上記実施の形態では、本発明のコイル構造（バランス巻き構造）を薄膜磁気ヘッドに搭載される薄膜コイルに適用した場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、薄膜磁気ヘッドの他、これと同様の構造（対向する2つの磁性体と磁束発生用のコイル）および動作機構（記録、再生）を有する他の磁気ヘッド（例えばビデオヘッド等）にも適用可能である。このような場合においても、上記実施の形態の場合と同様の効果を得ることが

できる。

【0065】また、上記実施の形態では、薄膜コイル9がバランス巻き構造のみを有する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、薄膜コイル9が、バランス巻き構造の他、スパイラル構造またはヘリカル構造を含むようにしてもよい。もちろん、薄膜コイル9がバランス巻き構造、スパイラル構造、ヘリカル構造の全てを含むようにしてもよい。

【0066】また、上記実施の形態における下部磁極13および上部磁極17を含む一連の構成要素の平面形状は必ずしも図15や図18に示したものに限られるものではなく、各構成要素の機能を確保することが可能な限りにおいて、一連の構成要素の平面形状は自由に変更可能である。

【0067】また、薄膜磁気ヘッドを構成する一連の構成要素の形成に係る形成方法および形成材料等は、必ずしも上記実施の形態において説明したものに限らず、各構成要素の構造的特徴および材質的特徴等を再現することが可能な限り、一連の構成要素の形成方法や形成材料等は自由に変形可能である。

【0068】また、例えば、上記実施の形態では、複合型薄膜磁気ヘッドについて説明したが、本発明は、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや記録・再生兼用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。また、本発明は、書き込み用の素子と読み出し用の素子の積層順序を逆転させた構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1または請求項2に記載の磁気ヘッドによれば、コイルが、第1の巻回単位と第2の巻回単位とを交互に連結してなる連続体をなすようにしたので、コイルのうち、高い形成精度を要する部分の割合が減少する。したがって、コイルを小型化しつつ、磁気ヘッドの製造に要する時間を短縮することができると共に製造歩留りを向上させることができる。

【0070】特に、請求項2記載の磁気ヘッドまたは請求項3記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜コイルが、第1の巻回単位と第2の巻回単位とを交互に連結してなる連続体をなすようにしたので、薄膜コイルのうち、高い形成精度を要する部分の割合が減少する。したがって、薄膜コイルを小型化しつつ、薄膜磁気ヘッドの製造に要する時間を短縮することができると共に製造歩留りを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図2】図1に続く工程を説明するための断面図であ

る。

【図3】図2に続く工程を説明するための断面図である。

【図4】図3に続く工程を説明するための断面図である。

【図5】図4に続く工程を説明するための断面図である。

【図6】図5に続く工程を説明するための断面図である。

【図7】図6に続く工程を説明するための断面図である。

【図8】図7に続く工程を説明するための断面図である。

【図9】図8に続く工程を説明するための断面図である。

【図10】図9に続く工程を説明するための断面図である。

【図11】図10に続く工程を説明するための断面図である。

【図12】図11に続く工程を説明するための断面図である。

【図13】図2に示した状態に対応する平面図である。

【図14】図4に示した状態に対応する平面図である。

【図15】図5に示した状態に対応する平面図である。

【図16】図6に示した状態に対応する平面図である。

【図17】図7に示した状態に対応する平面図である。

【図18】図8に示した状態に対応する平面図である。

【図19】図9に示した状態に対応する平面図である。

【図20】図10に示した状態に対応する平面図である。

【図21】薄膜コイル、下部磁極および上部磁極の完成状態を表す斜視図である。

10

【図26】本実施の形態の薄膜磁気ヘッドに対するさら

に他の比較例としての薄膜磁気ヘッドの構造を模式的に表す図である。

【図27】励磁磁界特性に関する実験結果を表す図である。

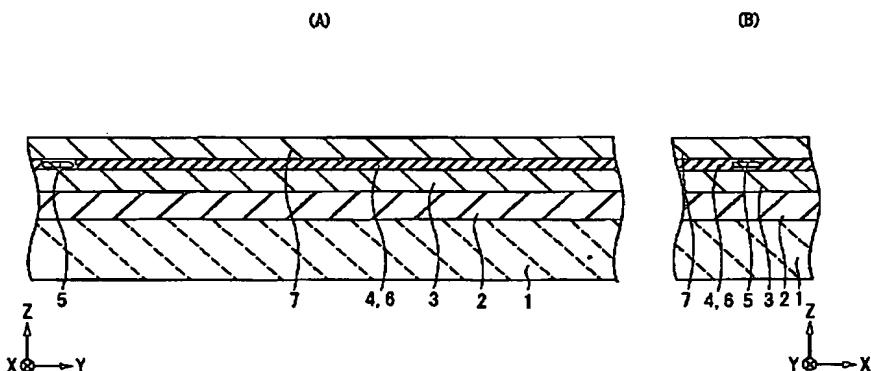
【図28】本実施の形態の薄膜磁気ヘッドの構造に係る变形例を表す斜視図である。

#### 【符号の説明】

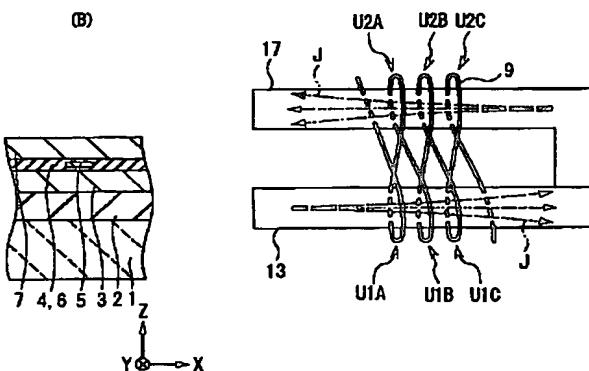
1…基板、2, 11…絶縁層、3…下部シールド層、  
4, 6…シールドギャップ膜、5…MR膜、7, 10…  
上部シールド層、8, 12, 15, 16, 18…絶縁  
膜、9, 99, 109, 209…薄膜コイル、9A(9  
A1, 9A2, 9A3), 9B, 9C(9C1, 9C  
2, 9C3, 9C4, 9C5, 9C6, 9C7), 9  
D, 9E(9E1, 9E2, 9E3), 9G, 9H…コ  
イルパーツ、9F1, 9F2…リード線、11H, 18  
H…接続ホール、11P…前駆絶縁層、13…下部磁  
極、13A, 17A…先端部、13B, 17B…後端  
部、14…記録ギャップ層、19…オーバーコート層、  
20…エアベアリング面、100…磁極部分、I…電  
流、J…磁束、TH…スロートハイト、U1(U1A,  
U1B, U1C)…第1の巻回単位、U2(U2A,  
U2B, U2C)…第2の巻回単位。

30

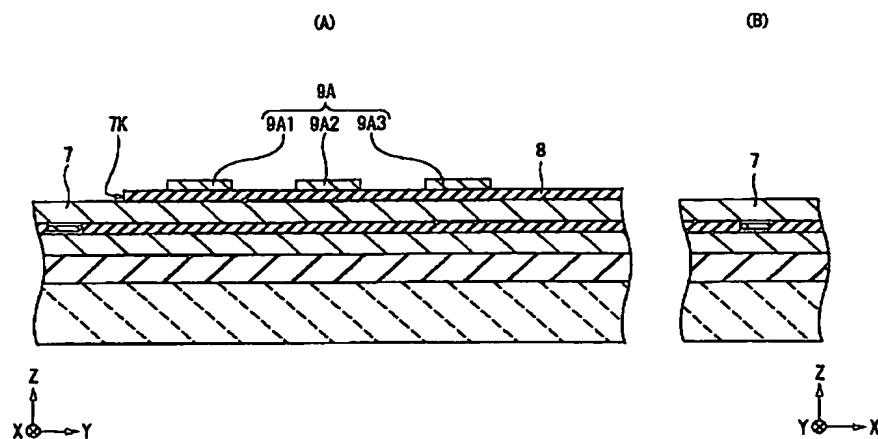
【図1】



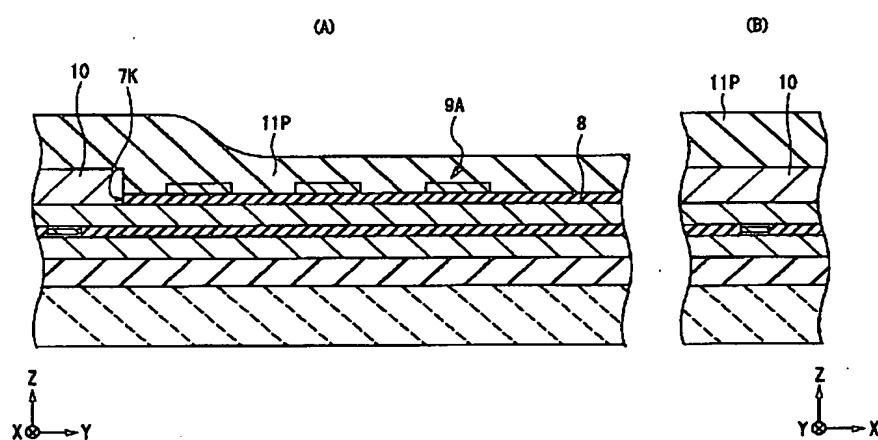
【図24】



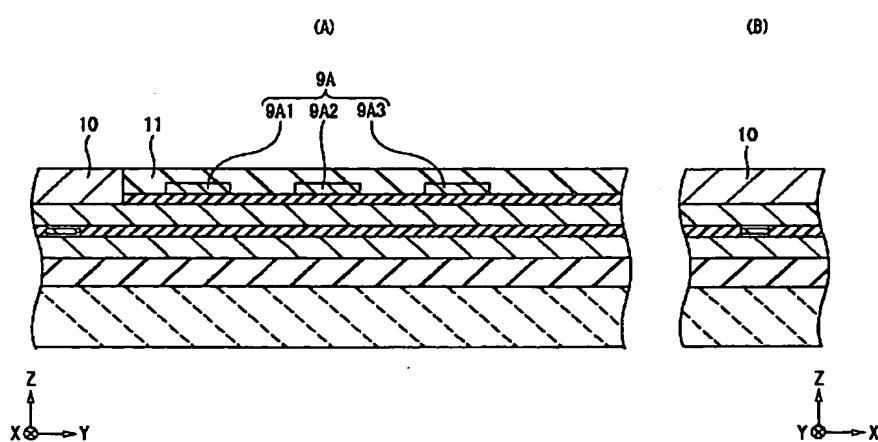
【図2】



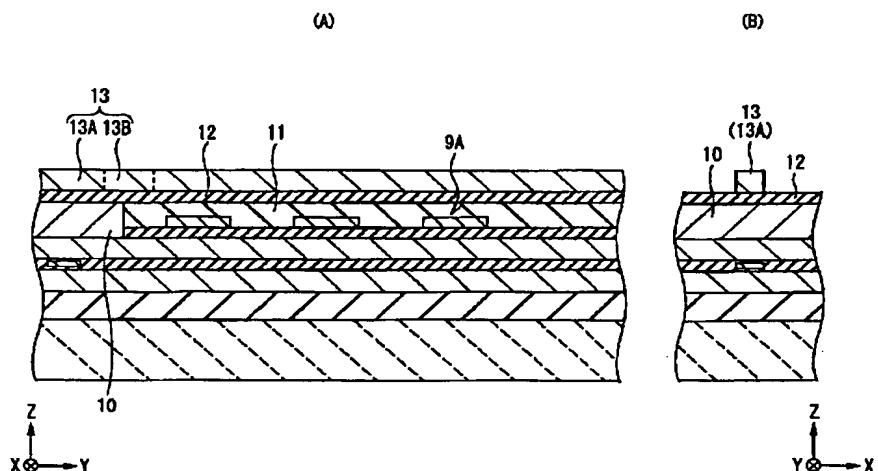
【図3】



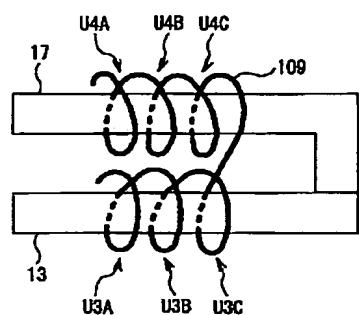
【図4】



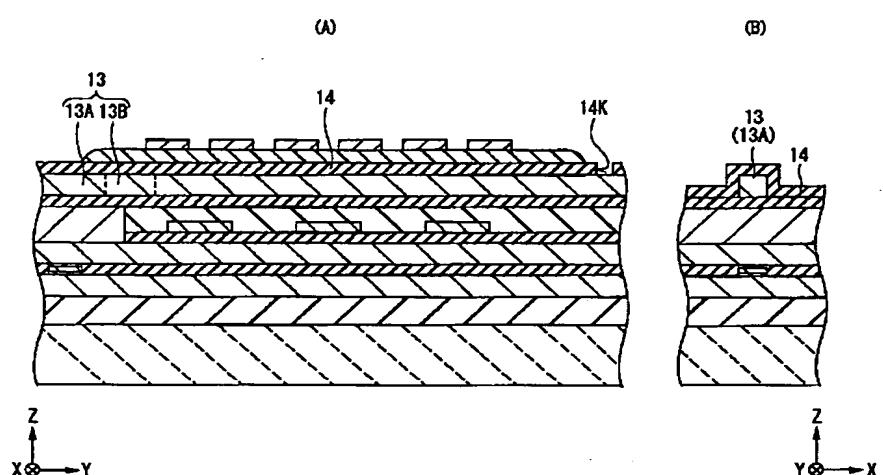
【図5】



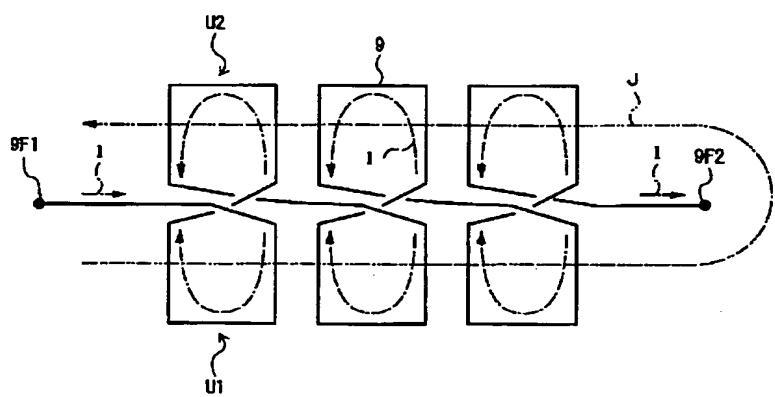
【図25】



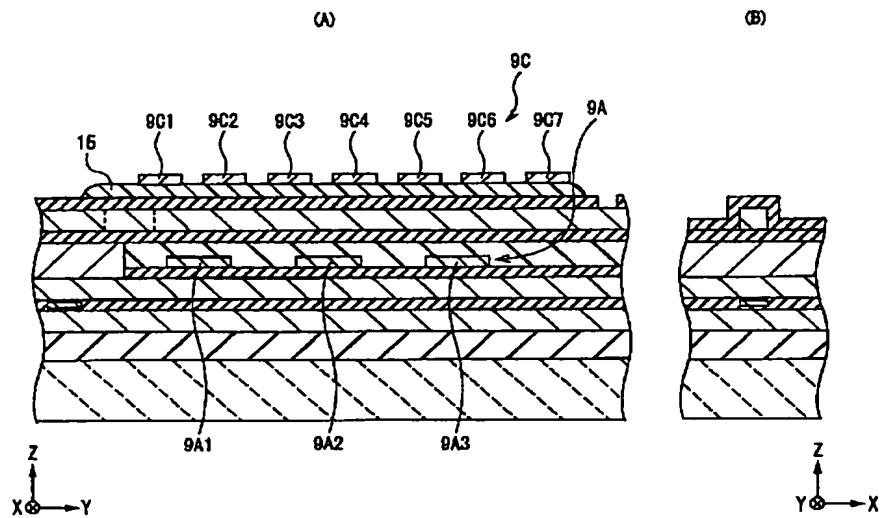
【図6】



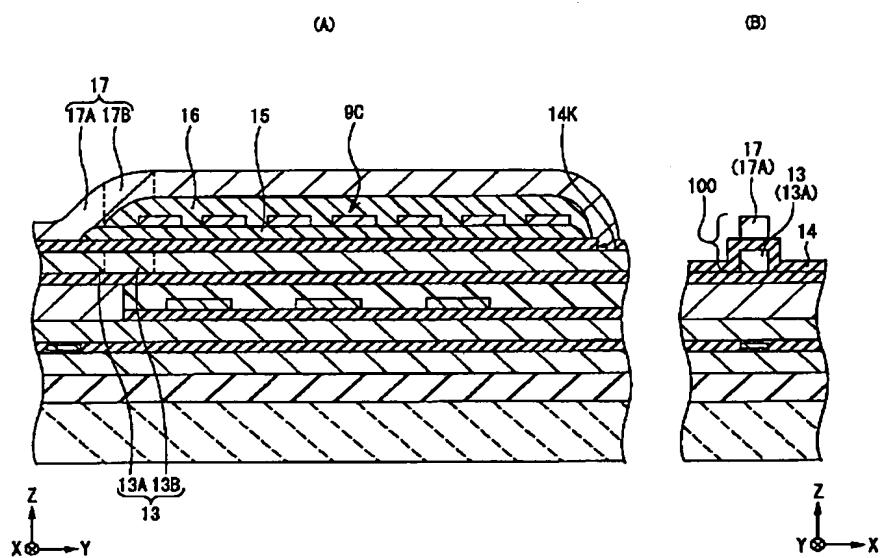
【図22】



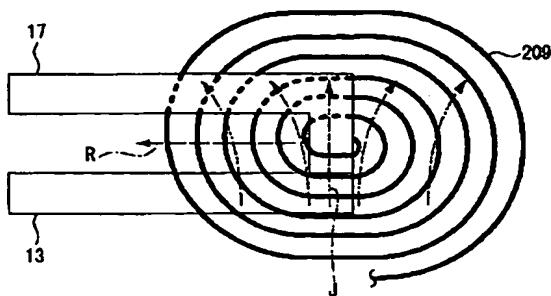
【図7】



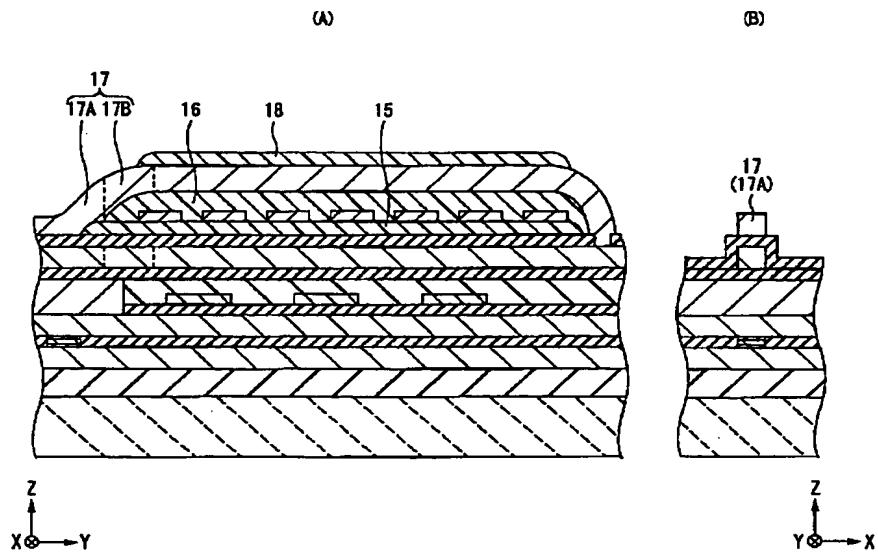
【図8】



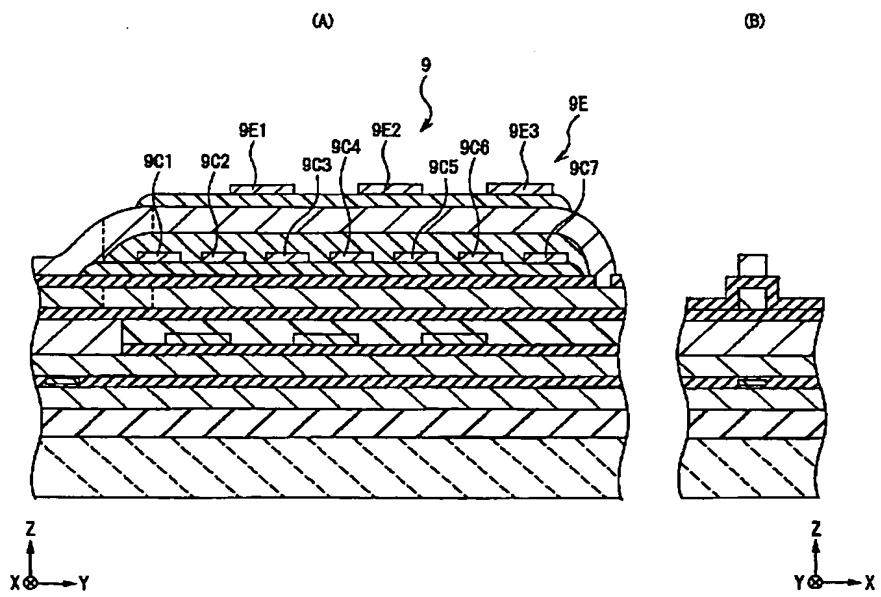
【図26】



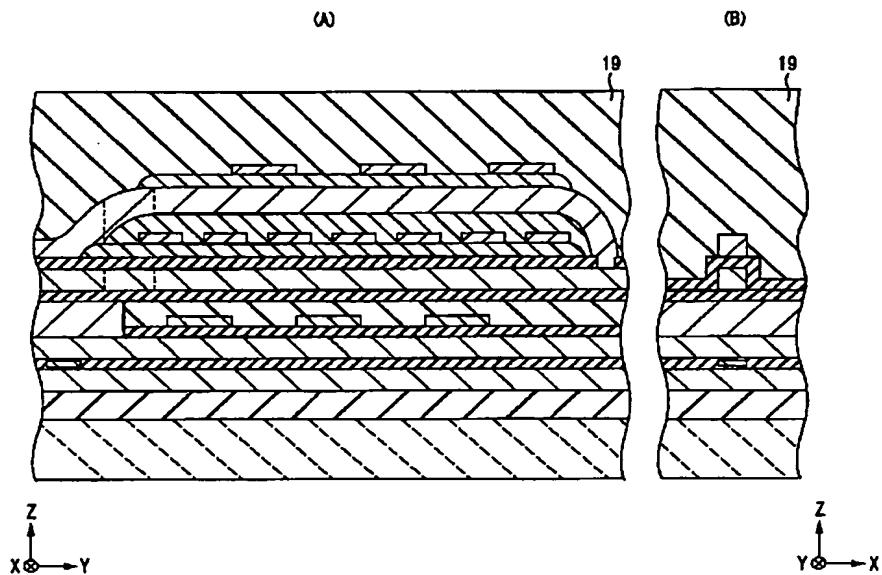
【図9】



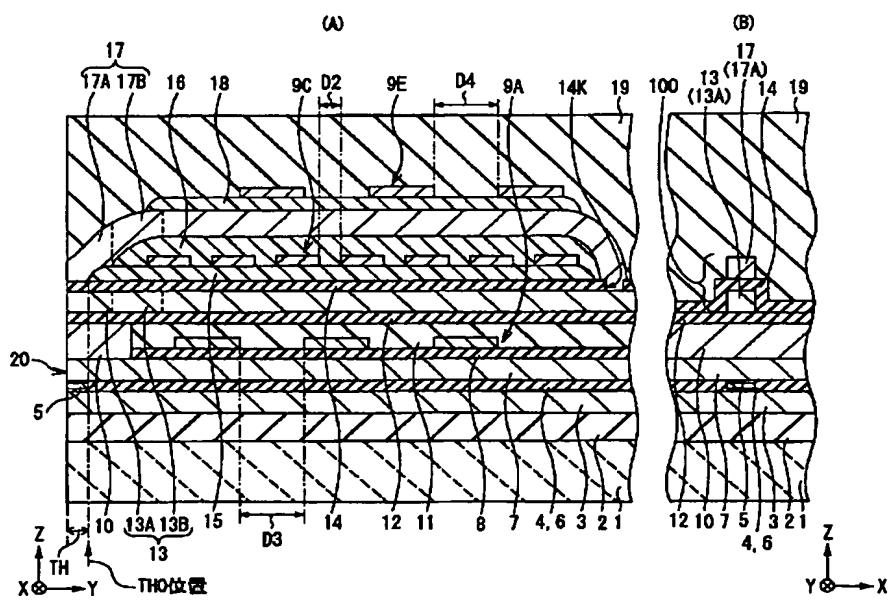
【図10】



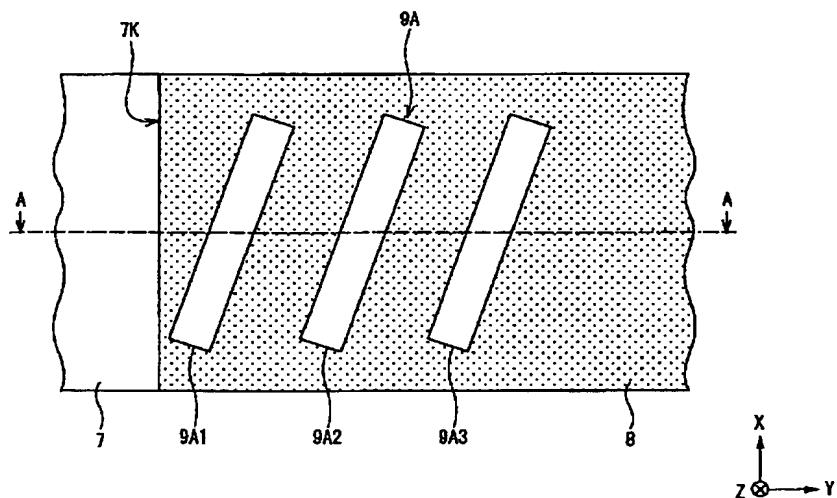
【図11】



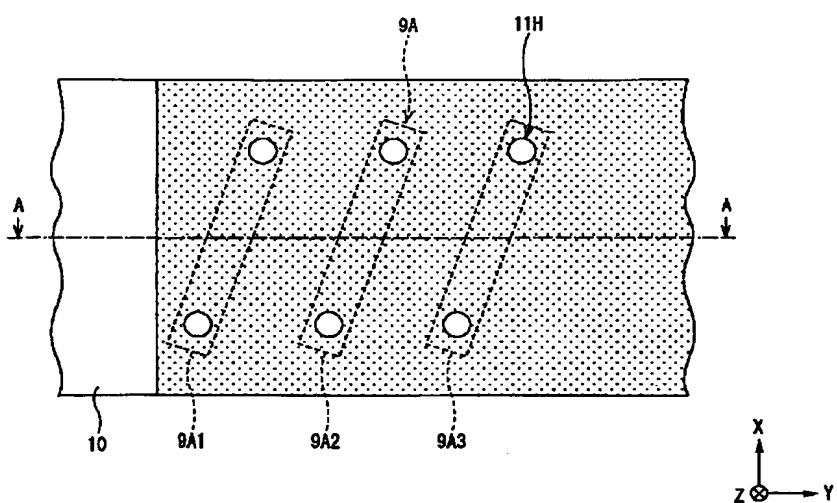
【図12】



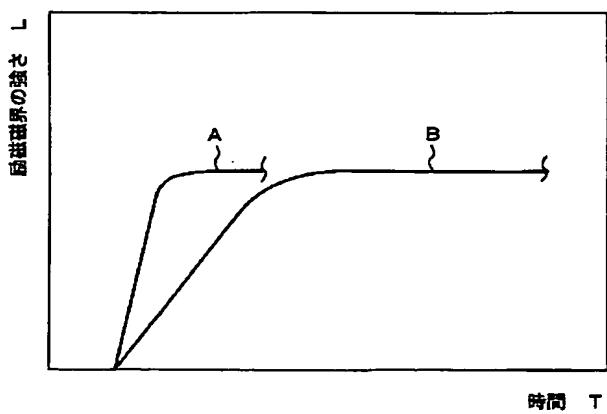
【図13】



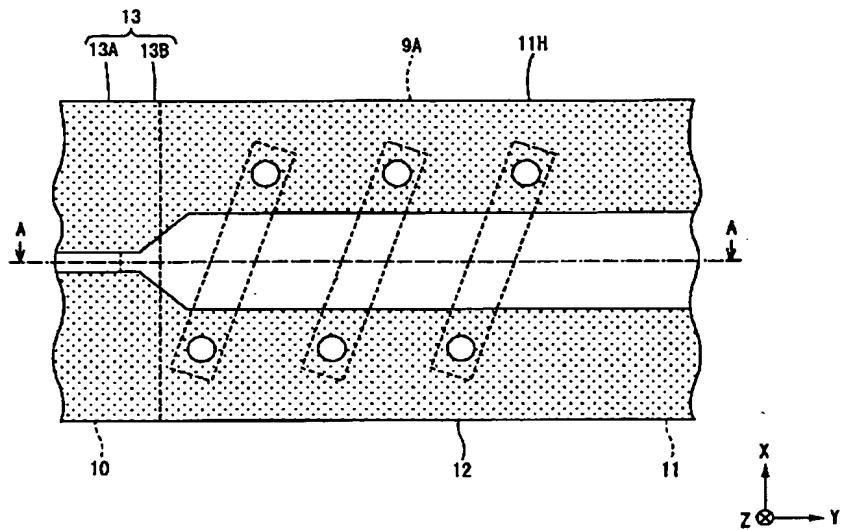
【図14】



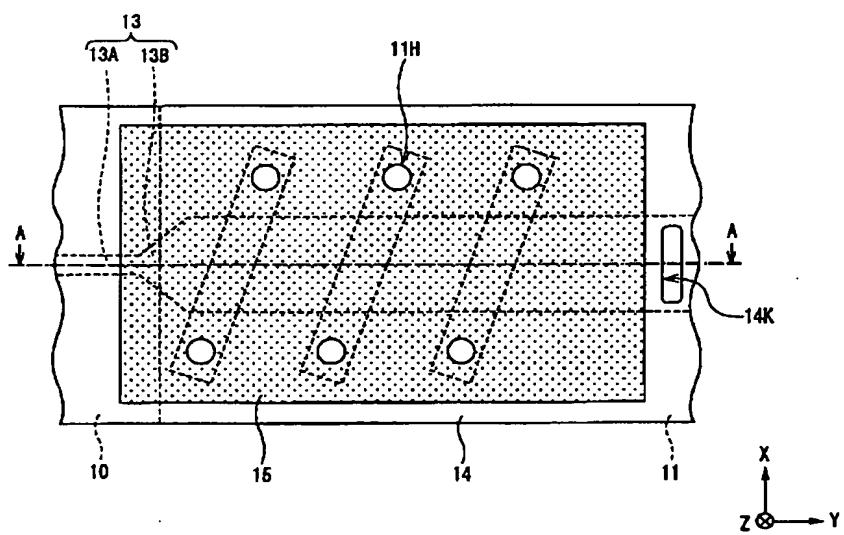
【図27】



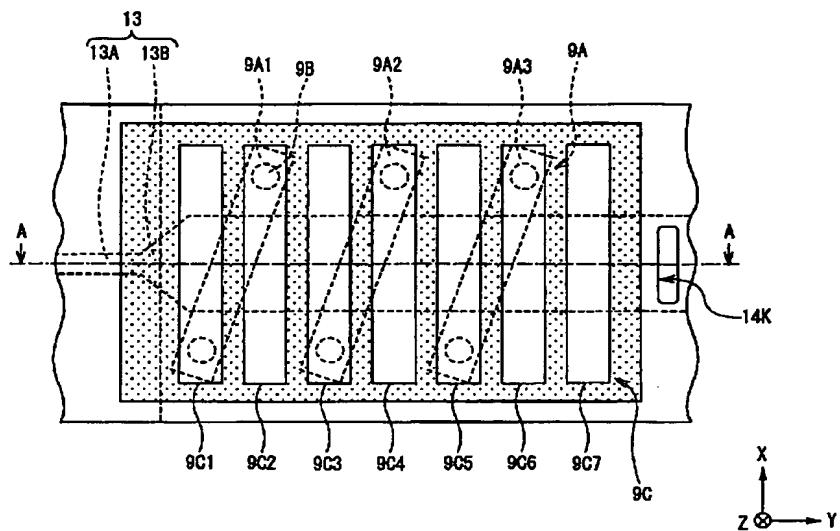
【図15】



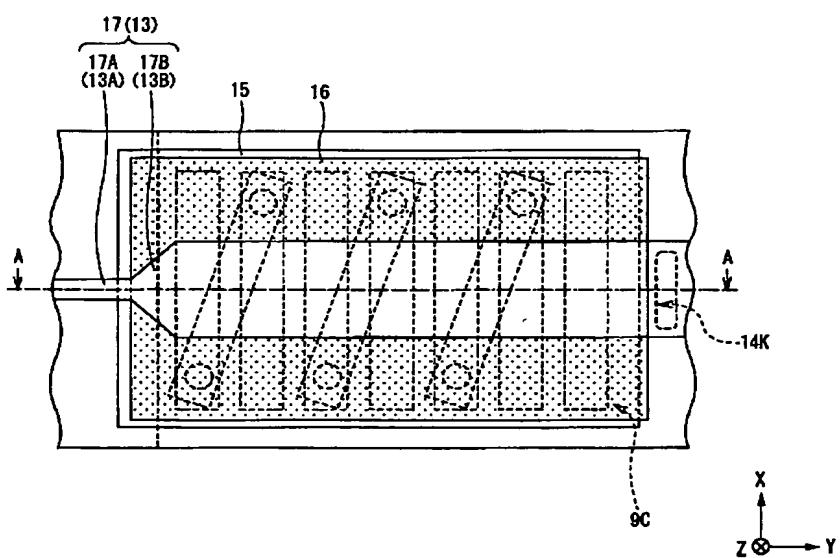
【図16】



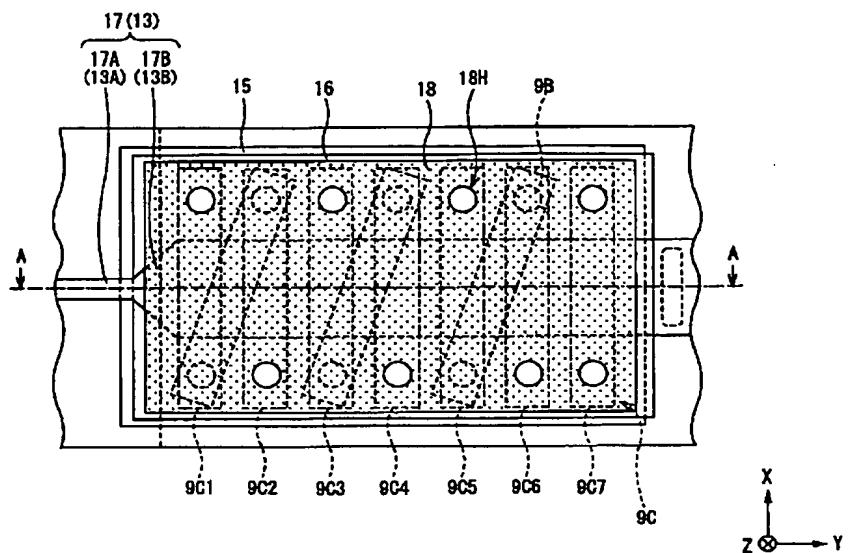
【図17】



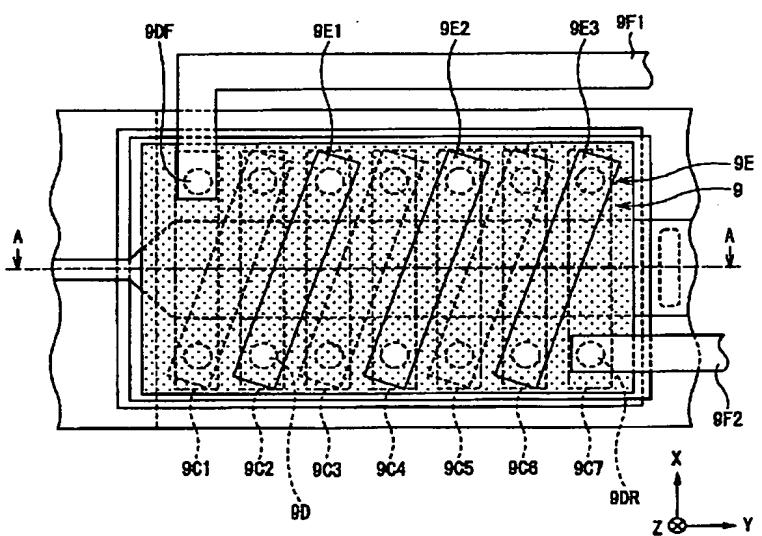
【図18】



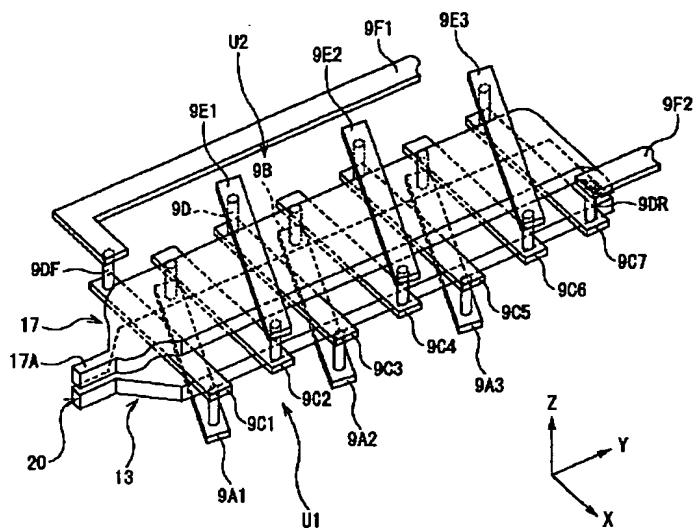
【図19】



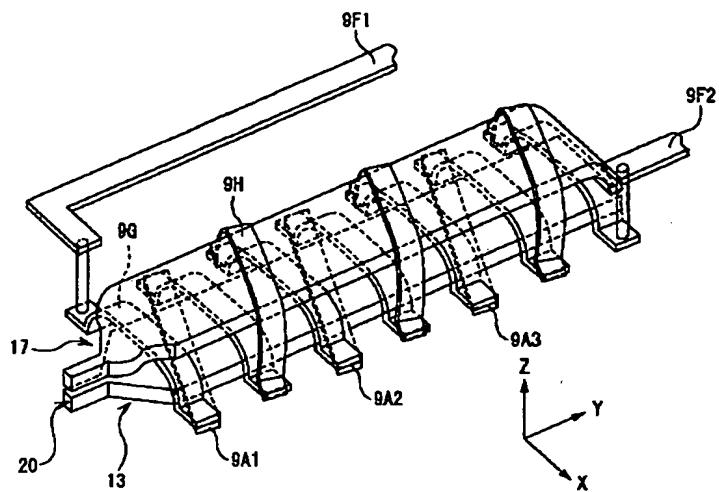
【図20】



【図21】



【図28】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-170205  
(43)Date of publication of application : 14.06.2002

---

(51)Int.Cl. G11B 5/31

---

(21)Application number : 2000-363659 (71)Applicant : SHINKA JITSGUYO KK  
(22)Date of filing : 29.11.2000 (72)Inventor : MATONO NAOTO

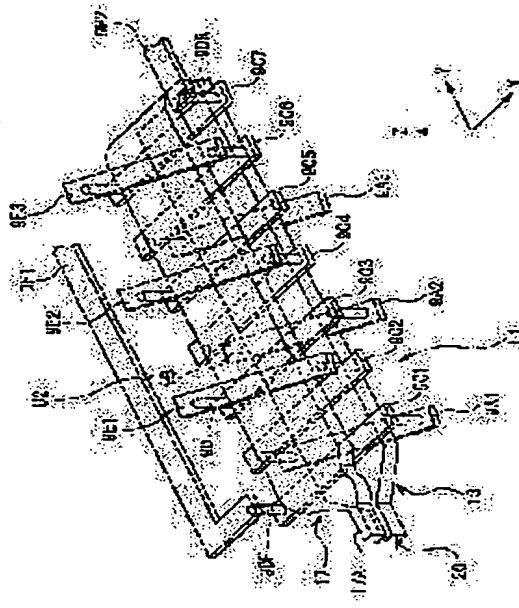
---

## (54) MAGNETIC HEAD AND ITS MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic head and its manufacturing method, capable of shortening manufacturing time and improving manufacturing yield while miniaturizing a coil.

**SOLUTION:** A thin-film coil 9 is constructed to form a continuous body where a first winding unit U1 winding clockwise around a lower magnetic pole 13, and a second winding unit U2 winding counterclockwise around an upper magnetic pole 17 are alternately connected. When the number of coil winding times is increased, a space between coil parts 9C becomes dense, while coil parts 9A or 9E are sufficiently separated from each other. The formation of the coil part 9C requires high forming accuracy. However, since the formations of the coil parts 9A and 9E do not require forming accuracy as high as that during the formation of the coil part 9C, the ratio of parts needing high forming accuracy in the thin-film coil 9 is reduced.



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

**[Claim 1]** The two magnetic substance which has two magnetic poles arranged so that a record medium may be faced while countering mutually through a gap, and extends with this field in the direction to leave from the record-medium opposed face which faces the aforementioned record medium and which was connected magnetically. The coil which extends along the extension direction of the two aforementioned magnetic substance including the 2nd winding unit wound around a direction and opposite direction predetermined [ aforementioned ] centering on the magnetic substance of another side of the 1st winding unit and aforementioned two magnetic substance wound in the predetermined direction centering on one magnetic substance of the two aforementioned magnetic substance. The insulator with which the aforementioned coil is insulated from the two aforementioned magnetic substance. It is the magnetic head equipped with the above, and the aforementioned coil is characterized by making the continuum which comes to connect the winding unit of the above 1st, and the winding unit of the above 2nd by turns.

**[Claim 2]** The aforementioned gap, the two aforementioned magnetic substance, the aforementioned coil, and the aforementioned insulator at least are the magnetic head according to claim 1 characterized by being what consists of a thin film.

**[Claim 3]** Two magnetic layers which have two magnetic poles arranged so that a record medium may be faced while countering mutually through a gap layer, and extend with this field in the direction to leave from the record-medium opposed face which faces the aforementioned record medium and which were connected magnetically. The thin film coil which extends along the extension direction of the two aforementioned magnetic layers including the 2nd winding unit wound around a direction and opposite direction predetermined [ aforementioned ] focusing on the magnetic layer of another side of the 1st winding unit [ which is wound in the predetermined direction focusing on one magnetic layer of the two aforementioned magnetic layers ], and aforementioned two magnetic layers. The insulating layer which insulates the aforementioned thin film coil from the two aforementioned magnetic layers. It is the manufacture method of the magnetic head equipped with the above, and is characterized by forming the aforementioned thin film coil so that the continuum with which the winding unit of the above 1st and the winding unit of the above 2nd were connected by turns may be made by carrying out the laminating of two or more components which constitute the aforementioned thin film coil to order, and forming them in it.

---

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the magnetic head which writes in at least and has the induction-type MAG sensing element of business, and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the improvement in a performance of the thin film magnetic head is called for with improvement in the field recording density of a hard disk drive unit. As the thin film magnetic head, the compound-die thin film magnetic head which has the structure which carried out the laminating of the recording head which has an induction-type MAG sensing element for writing, and the reproducing head which has a magnetic-reluctance (it is hereafter described as MR (Magneto Resistive).) element for read-out is used widely, for example.

[0003] A recording head is arranged in the upper and lower sides for example, on both sides of a record gap (write gap), and is constituted including the up magnetic pole (top pole) and lower magnetic pole (bottom pole) which were magnetically connected in the end section, and the coil for magnetic-flux generating. The up magnetic pole and the lower magnetic pole have the same constant width (constant width portion) mutually [ near the record gap of the field of the side near the record-medium opposed face (pneumatic bearing side) which faces a magnetic-recording medium (only henceforth a "record medium") ], and the "magnetic pole portion" which specifies recording track width of face by these parts is constituted.

[0004] The "helical structure" etc. which winds the circumference of the "spiral structure", up magnetic pole, and lower magnetic pole around which the connection of an up magnetic pole, a lower magnetic pole or an up magnetic pole, and a lower magnetic pole was wound two-dimensional as a center (to inside of 1 flat surface) as structure of a coil, for example is known. the shape of helical one which consisted of JP,5-242429,A as an example which applied such coil structures in the thin film magnetic head equipped with the up magnetism core and lower magnetism core by which opposite arrangement was carried out with the lower stripes-like electric conduction film, the up stripes-like electric conduction film, etc. — a conductor — the structure where a coil winds the circumference of an up magnetism core is indicated Moreover, in a utility model No. 3033043, in the thin film magnetic head equipped with the 1st core and the 2nd core by which opposite arrangement was carried out, while winding the circumference of the 1st core in the clockwise direction (or left-handed rotation), the thin film coil layer of the shape of two or more spiral which winds the circumference of the 2nd core in the counterclockwise direction (right-handed rotation) is arranged hierarchical, and the structure where these thin film coil layers of each other were connected is indicated. Moreover, in JP,5-101337,A, the structure where the helical-like coil which winds the circumference of a lower layer thin film magnetic core, and the helical-like coil which winds the circumference of the upper thin film magnetic core were connected through the spiral-like coil is indicated in the thin film magnetic head equipped with the lower layer thin film magnetic core and the upper thin film magnetic core by which opposite arrangement was carried out.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0005] In the thin film magnetic head, if current flows in a coil at the time of informational record operation, according to this, magnetic flux will occur, for example. The magnetic flux generated at this time is spread via the propagation path (henceforth a "magnetic path") of the magnetic flux constituted by the up magnetic pole and the lower magnetic pole to the constant width portion of the up magnetic pole which constitutes a part of magnetic pole portion. The magnetic flux spread to the constant width portion reaches the point by the side of the pneumatic bearing side further. When the magnetic flux which reached the point of a constant width portion leaks to the exterior near the record gap, the signal magnetic field for record occurs. A record medium is partially magnetized by this signal magnetic field, and information is recorded.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the miniaturization of a coil is called for for the purpose of the miniaturization of the thin film magnetic head in recent years. When the miniaturization of a coil is taken into consideration, the helical structure where the field which a coil occupies is smaller than the spiral structure of having a two-dimensional breadth is suitable as coil structure, and it is thought possible by making between the coils of a coil close to miniaturize coil structure more.

[0007] However, there was a problem that the manufacture yield fell for the following reasons conventionally while manufacture of the thin film magnetic head takes a long time. That is, in order to make between the coils of a coil close for example, that a coil should be miniaturized, a high formation precision is required. In such a case, in order to secure a high formation precision, in order that the manufacturing process of a coil may make it complicated, the time which manufacture of the thin film magnetic head takes becomes long. Moreover, if the formation precision of a coil is not enough or a delicate gap arises for formation precision at the time of coil formation, it may originate in contact between coil coils, a short circuit etc. may arise, and the manufacture yield of the thin film magnetic head may fall. That is, it was difficult to reconcile the miniaturization of a coil, and the improvement in the manufacture yield etc. proper conventionally.

[0008] In addition, the above-mentioned problem is similarly produced in other magnetic heads (for example, head for videotape record reproduction) which have the same structure (the two magnetic substance which counters, and coil for magnetic-flux generating) as this besides the thin film magnetic head.

[0009] This invention was made in view of this trouble, and the purpose is to offer the magnetic head which can raise the manufacture yield, and its manufacture method while shortening production time, miniaturizing a coil.

[0010]

[Means for Solving the Problem] It has two magnetic poles arranged so that a record medium may be faced, while the magnetic head of this invention counters mutually through a gap. The two magnetic substance which extends in this field and the direction to leave from the record-medium opposed face which faces a record medium and which was connected magnetically, The 2nd winding unit wound around a predetermined direction and predetermined opposite direction centering on the magnetic substance of another side of the 1st winding unit and the two magnetic substance which are wound in the predetermined direction centering on one magnetic substance of the two magnetic substance is included. It is the magnetic head which has the coil which extends along the extension direction of the two magnetic substance, and the insulator with which a coil is insulated from the two magnetic substance, and a coil makes the continuum which comes to connect the 1st winding unit and the 2nd winding unit by turns.

[0011] In the magnetic head of this invention, the continuum to which a coil connects the 1st winding unit and the 2nd winding unit with by turns, and makes them is made. Thereby, the rate of the portion which requires a high formation precision among coils decreases.

[0012] You may make it a gap, the two magnetic substance, a coil, and an insulator consist of a thin film at least in the magnetic head of this invention.

[0013] It has two magnetic poles arranged so that a record medium may be faced, while the manufacture method of the magnetic head of this invention counters mutually through a gap layer. Two magnetic layers which extend in this field and the direction to leave from the record-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

medium opposed face which faces a record medium and which were connected magnetically, The 2nd winding unit wound around a predetermined direction and predetermined opposite direction the 1st winding unit wound in the predetermined direction focusing on one magnetic layer of the two magnetic layers and focusing on the magnetic layer of another side of the two magnetic layers is included. It is the manufacture method of the thin film magnetic head of having the insulating layer which insulates a thin film coil with the thin film coil which extends along the extension direction of two magnetic layers from two magnetic layers. By carrying out the laminating of two or more components which constitute a thin film coil to order, and forming them in it, a thin film coil is formed so that the continuum with which the 1st winding unit and the 2nd winding unit were connected by turns may be made.

[0014] By the manufacture method of the magnetic head of this invention, by carrying out the laminating of two or more components which constitute a thin film coil to order, and forming them in it, a thin film coil is formed so that the continuum with which the 1st winding unit and the 2nd winding unit were connected by turns may be made.

[0015]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained in detail with reference to a drawing.

[0016] First, with reference to drawing 1 – drawing 22, the manufacture method of the compound-die thin film magnetic head as the manufacture method of the thin film magnetic head concerning the gestalt of 1 operation of this invention is explained. In addition, since it is embodied by the manufacture method of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation, it combines below and the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is explained.

[0017] In drawing 1 – drawing 12, (A) shows cross-section structure perpendicular to a pneumatic bearing side, and (B) shows cross-section structure parallel to the pneumatic bearing side of a magnetic pole portion. The tropia structure and drawing 21 to manufacturing processes with main drawing 13 – drawing 20 simplify the structure of the thin film coil 9 in a completion state to one line, and the tropia structure in the completion state of the thin film coil 9, the lower magnetic pole 13, and the up magnetic pole 17 and drawing 22 express them. Here, in drawing 13 – drawing 20, in drawing 13, drawing 2 and drawing 14 correspond to drawing 4, and drawing 15 corresponds to the state where drawing 8 and drawing 19 were shown in drawing 9, and drawing 5 and drawing 16 showed [drawing 6 and drawing 17] drawing 20 to drawing 10 for drawing 7 and drawing 18, respectively. (A) of above-mentioned drawing 2 – drawing 10 is equivalent to the view cross section which met the A-A line in drawing 13 – drawing 20.

[0018] While writing “length (or the length direction)” and writing “thickness (or the thickness direction)”, X shaft orientations in each drawing of drawing 1 – drawing 22 in the following explanation [“width of face (or cross direction)” and Y shaft orientations] [Z shaft orientations] The pneumatic bearing side 20 side (or side which serves as the pneumatic bearing side 20 in a back process) among Y shaft orientations “anterior (it shall write “a posterior (or back)”)[ or the front” and its opposite side ]

[0019] By the manufacture method of the thin film magnetic head of the gestalt the <manufacture method of the thin film magnetic head> book operation, first, as shown in drawing 1, the insulating layer 2 which consists of an aluminum oxide (it is only called an “alumina” below aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;.) is deposited by the thickness of about 3.0 micrometers – about 5.0 micrometers on the substrate 1 which consists of ARUTIKKU (aluminum 2O<sub>3</sub> and TiC). Next, the lower shield layer 3 which consists for example, of a ferronickel alloy (it is only called “permalloy (tradename) below NiFe;.”) is alternatively formed by the thickness of about 2.0 micrometers by the frame galvanizing method mentioned later on an insulating layer 2.

[0020] Next, as shown in drawing 1, the shield gap film 4 which consists of an alumina is formed by the thickness of about 0.01 micrometers – 0.1 micrometers by sputtering on the lower shield layer 3. Next, on the shield gap film 4, it forms so that it may become the pattern configuration of a request of the MR film 5 for constituting MR element by highly precise photolithography processing. Next, the lead layer (not shown) as a drawer electrode layer which connects with the MR film 5 electrically is alternatively formed by highly precise photolithography processing. Next,

THIS PAGE BLANK (USPTO)

the shield gap film 6 is formed so that the MR film 5 may be covered by the same technique as the case where the shield gap film 4 is formed, and MR film 5 grade is laid underground in the shield gap film 4 and 6.

[0021] Next, the up shield layer 7 which consists of a permalloy is alternatively formed by the thickness of about 1.0 micrometers – 2.0 micrometers for example, by the frame galvanizing method on the shield gap film 4 and 6.

[0022] Next, as shown in drawing 2 and drawing 13, the insulator layer 8 which consists of an alumina is alternatively formed by the thickness of about 0.1 micrometers – 0.2 micrometers by sputtering on the up shield layer 7. In case an insulator layer 8 is formed, it is made not to cover the field (opening 7K) in which other up shield layers 10 (refer to drawing 3) will be formed in a back process.

[0023] Next, as shown in drawing 2 and drawing 13, two or more coil parts 9A (for example, nine A1, nine A2, nine A3) which consists of copper (Cu) is alternatively formed by the thickness of about 1.0 micrometers – 1.5 micrometers for example, by the frame galvanizing method on an insulator layer 8. This coil parts 9A will constitute some thin film coils 9 (refer to drawing 10 and drawing 21) mentioned later, and as shown in drawing 13, it has the band-like flat-surface configuration where the rectangle was made. In case coil parts 9A is formed, it connects with a series of coil parts (9B, 9C, 9D, 9E) formed in a back process, and alignment is carried out so that the thin film coil 9 may finally be formed as the aggregate of these coil parts. More specifically, the longitudinal direction of coil parts 9A arranges so that it may incline to the cross direction (X shaft orientations in drawing). In addition, the flat-surface configuration of coil parts 9A can not necessarily be changed not only in the shape of a rectangle, but freely. Moreover, the arrangement number of coil parts 9A can be freely changed according to the number of winding (number of turns) of the thin film coil 9 to the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17 (refer to drawing 8) mentioned later mentioned later.

[0024] In case coil parts 9A is formed by the frame galvanizing method, the electrode layer used as the seed layer in the electrolysis galvanizing method is first formed by sputtering on an insulator layer 8. As a formation material of an electrode layer, the formation material of coil parts 9A, the same material (copper), etc. are used, for example. Next, after applying a photoresist and forming a photoresist film on the above-mentioned electrode layer, the photo mask for exposure is alternatively formed on this photoresist film. In case a photo mask is formed, while making it have a flat-surface configuration corresponding to the flat-surface configuration of coil parts 9A, alignment is carried out so that it may correspond to the formation position of coil parts 9A. Next, after performing exposure processing to a photoresist film using a photo mask, the framework (frame pattern) for forming coil parts 9A is alternatively formed by developing this photoresist film. Next, while using a frame pattern as a mask, coil parts 9A is alternatively formed by carrying out plating growth of the copper by the electrolysis galvanizing method, using the electrode layer formed in the point process as a seed layer. Finally, a frame pattern is removed after forming coil parts 9A.

[0025] Next, as shown in drawing 3, the up shield layer 10 which consists of a permalloy is alternatively formed in opening 7K by the thickness of about 2.5 micrometers – 3.0 micrometers for example, by the frame galvanizing method. Next, precursive insulator layer 11P which consist of an alumina are formed by the thickness of about 3.0 micrometers – 4.0 micrometers by sputtering so that the concavo-convex field constituted by coil parts 9A and the up shield layer 10 grade may be covered. These precursive insulator layer 11P are a pre-preparation layer used as an insulator layer 11 by performing polish processing in a back process.

[0026] Next, for example by grinding and carrying out flattening of the whole by the CMP (chemical machinery polish) method, as shown in drawing 4 and drawing 14, the insulator layer 11 which lays coil parts 9A etc. underground is formed. It is made to perform polish processing until the up shield layer 10 is exposed at least, in case an insulator layer 11 is formed.

[0027] next, the thing which it \*\*\*\*\*s alternatively and delves into for a portion [ near the both ends of coil parts 9A (nine A1, nine A2, nine A3) ] among insulator layers 11 by reactive ion etching (it is only called "RIE" below Reactive Ion Etching;) as shown in drawing 14 -- for example, two or more connection hole 11H which have a circular opening configuration are

"S PAGE BLANK (USPTO)

formed It is made to perform etching processing until coil parts 9A is exposed, in case connection hole 11H are formed. These connection hole 11H are for connecting coil parts 9A and coil parts 9B (referring to drawing 17 and drawing 21 ) formed in a back process. In addition, the opening configuration of connection hole 11H cannot necessarily be restricted circularly, but can be changed freely.

[0028] Next, as shown in drawing 5 and drawing 15 , the insulator layer 12 which consists of an alumina is formed in the whole by the thickness of about 0.1 micrometers – 0.2 micrometers by sputtering. In case an insulator layer 12 is formed, it is made not to cover connection hole 11H formed in the point process, as shown in drawing 15 .

[0029] Next, as shown in drawing 5 and drawing 15 , the lower magnetic pole 13 which consists of a permalloy by the frame galvanizing method so that all coil parts 9A may be crossed is alternatively formed by the thickness of about 2.0 micrometers – 3.0 micrometers on the field surrounded by connection hole 11H group among insulator layers 12. In case the lower magnetic pole 13 is formed, it is made for point 13A and back end section 13B to be included sequentially from the side (left-hand side in drawing) which serves as the pneumatic bearing side 20 in a back process, as shown in drawing 15 . It is made for width of face to narrow as back end section 13B has the width of face of simultaneously regularity in the back section and approaches point 13A in the front section, while making it point 13A have the very minute constant width which specifies recording track width of face as structure of the concrete lower magnetic pole 13, for example: Here, the lower magnetic pole 13 corresponds to one example of “one magnetic substance” in this invention, or a “one magnetic layer.”

[0030] Next, as shown in drawing 6 and drawing 16 , the record gap layer 14 which consists of an alumina is formed in the whole by the thickness of about 0.1 micrometers – 0.3 micrometers by sputtering. In case the record gap layer 14 is formed, it is made not to cover opening 14K for connecting the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17 (referring to drawing 8 ) formed in a back process. Here, the record gap layer 14 corresponds to one example of the “gap” in this invention, or a “gap layer.”

[0031] Next, on the record gap layer 14, by highly precise photolithography processing, organic insulating materials, such as the material which shows a fluidity at the time of heating, for example, a photoresist etc., are formed so that it may become a predetermined pattern. Next, it heat-treats to this photoresist film at the temperature of about 200 degrees C–250 degreeC within the limits. Of this heat-treatment, as shown in drawing 6 and drawing 16 , an insulator layer 15 is formed alternatively. This insulator layer 15 mainly insulates electrically between the lower magnetic pole 13 and coil parts 9C formed in a back process. When a photoresist flows at the time of heating, it makes roundish [ wore ] near the edge of an insulator layer 15. While carrying out alignment so that it may correspond to the arrangement field of coil parts 9C (refer to drawing 7 and drawing 17 ) formed for example, in a back process in case an insulator layer 15 is formed, it is made not to cover connection hole 11H formed in the point process, and opening 14K, as shown in drawing 16 .

[0032] Next, as shown in drawing 17 , two or more coil parts 9B which will constitute some thin film coils 9 is alternatively formed into connection hole 11H by the electrolysis galvanizing method by growing up the plating film which consists of copper. This coil parts 9B is formed as shown in drawing 21 , for example, so that pillar-like structure may be made corresponding to the internal structure of connection hole 11H.

[0033] Next, as shown in drawing 7 and drawing 17 , two or more coil parts 9C (for example, 9C1, 9C2, 9C3, 9C4, 9C5, 9C6, 9C7) which consists of copper is alternatively formed by the thickness of about 1.5 micrometers by the same frame galvanizing method as the case where coil parts 9A is formed. While making it coil parts 9C more specifically have the band-like flat-surface configuration where the rectangle was made, it is made for the longitudinal direction of coil parts 9C to intersect perpendicularly mostly to the length direction (Y shaft orientations in drawing). In case coil parts 9C is formed, while the end of the coil parts 9C1 and the end of the coil parts nine A1 are connected through coil parts 9B The other end of the coil parts 9C2 and the other end of the coil parts nine A1 are connected through coil parts 9B, and the connection unit constituted by a series of coil parts groups (9C1, 9B, nine A1, 9B, 9C2) is formed. And a

THIS PAGE BLANK (USPTO)

connection unit is similarly formed about other coil parts groups (9C3, 9B, nine A2, 9B, 9C4 and 9C5, 9B, nine A3, 9B, 9C6). Each connection unit (coil parts 9A, 9B, and 9C) will wind the circumference of the lower magnetic pole 13 (back end section 13B), as shown in drawing 21. Especially in the following, the connection unit constituted with the coil parts 9A, 9B, and 9C shall be called "the 1st winding unit U1" (refer to drawing 22).

[0034] Next, as shown in drawing 8 and drawing 18, the insulator layer 16 which consists of a photoresist is formed, using the same material as the case where an insulator layer 15 is formed, and the formation method so that coil parts 9C and its boundary region may be covered. Coil parts 9C is laid underground by the insulator layer 16.

[0035] Next, as shown in drawing 8 and drawing 18, the up magnetic pole 17 which consists of a permalloy is alternatively formed by the thickness of about 2.0 micrometers – 3.0 micrometers for example, by the frame galvanizing method on the field from the side which serves as the pneumatic bearing side 20 in a back process to opening 14K. In case the up magnetic pole 17 is formed, it has the almost same structure (point 17A, back end section 17B) as the lower magnetic pole 13 (point 13A, back end section 13B), and is made to counter with the lower magnetic pole 13 in the thickness direction (Z shaft orientations in drawing), as shown in drawing 18. The lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17 are magnetically connected in opening 14K, and a magnetic path is formed of the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17. When point 13A and point 17A which have the very minute constant width which specifies recording track width of face counter through the record gap layer 14, the magnetic pole portion 100 is formed (refer to drawing 8 (B)). Here, the up magnetic pole 17 corresponds to one example of “the magnetic substance of another side” in this invention, or “the magnetic layer of another side.”

[0036] Next, as shown in drawing 9 and drawing 19, the insulator layer 18 which consists of a photoresist is alternatively formed on the up magnetic pole 17, using the same material as the case where an insulator layer 15 is formed, and the formation method. This insulator layer 18 insulates electrically between the up magnetic pole 17 and coil parts 9E formed in a back process. In case an insulator layer 18 is formed, alignment is carried out so that it may correspond to the arrangement field of coil parts 9E (refer to drawing 10 and drawing 20) formed in a back process. Here, the insulator constituted by insulator layers 11, 12, 15, 16, and 18 corresponds to the "insulator" in this invention, or one example of a "insulating layer."

[0038] Next, as shown in drawing 20, two or more coil parts 9D is alternatively formed into connection hole 18H by the electrolysis galvanizing method by growing up the plating film which consists of copper. As shown in drawing 21, this coil parts 9B is formed like coil parts 9B formed in the point process so that pillar-like structure may be made corresponding to the internal structure of connection hole 18H.

[0039] Next, as shown in drawing 10 and drawing 20, two or more coil parts 9E (for example, nine E1, nine E2, nine E3) which consists of copper is alternatively formed by the thickness of about 1.5 micrometers for example, by the frame galvanizing method on an insulator layer 18. In case coil parts 9E is formed, while the end of the coil parts nine E1 and the end of the coil parts 9C2 are connected through coil parts 9D The other end of the coil parts nine E1 and the other end of the coil parts 9C3 are connected through coil parts 9D, and the connection unit constituted by a series of coil parts groups (9C2, 9D, nine E1, 9D, 9C3) is formed. And a connection unit is similarly formed about other coil parts groups (9C4, 9D, nine E2, 9D, 9C5 and 9C6, 9D, nine E3, 9D, 9C7). Each connection unit (coil parts 9C, 9D, and 9E) will wind the circumference of the up magnetic pole 17 (back end section 17B), as shown in drawing 21.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Especially in the following, the connection unit constituted with the coil parts 9C, 9D, and 9E shall be called "the 2nd winding unit U2" (refer to drawing 22). In addition, in case the thin film coil 9 is formed, in order to equate the yield of the magnetic flux in each circumference field of the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17, and the generating timing of magnetic flux mentioned later, it is desirable to make it make in agreement the number of the 1st winding units U1 and the number of the 2nd winding units U2 (refer to drawing 22).

[0040] By forming coil parts 9E, the thin film coil 9 is formed as the aggregate of a series of coil parts (9A, 9B, 9C, 9D, 9E). In case coil parts 9E is formed, while forming lead-wire 9F1 so that it may connect with coil parts 9DF formed in the other end of the coil parts 9C1, lead-wire 9F2 are simultaneously formed, for example so that it may connect with coil parts 9DR formed in the end section of the coil parts 9C7. As a formation material of lead-wire 9F1 and 9F2, copper etc. is used like the thin film coil 9, for example.

[0041] Next, as shown in drawing 11, the overcoat layer 19 which consists of inorganic insulating materials, such as an insulating material, for example, an alumina etc., is formed by the thickness of about 20 micrometers – 40 micrometers so that the whole may be covered.

[0042] Finally, as shown in drawing 12, the pneumatic bearing side 20 of a recording head and the reproducing head is formed according to machining or a polish process, and the thin film magnetic head is completed.

[0043] With reference to <the structure of the thin film magnetic head> next drawing 12, drawing 21, and drawing 22, the structure of the thin film magnetic head concerning the form of this operation is explained.

[0044] As shown in drawing 12, the position of the front end of an insulator layer 15 is the position used as the criteria at the time of determining the throat height (TH) which is one of the factors which determines the performance of a recording head, i.e., a throat height zero position, (TH0 position). Throat height (TH) is specified as length from the position (TH0 position) of the front end of an insulator layer 15 to the pneumatic bearing side 20.

[0045] As shown in drawing 21 and drawing 22, the thin film coil 9 is constituted as the aggregate of a series of coil parts (9A, 9B, 9C, 9D, 9E) by which laminating formation was carried out, as described above. From the pneumatic bearing side 20, this thin film coil 9 continues by turns, and includes the 1st winding unit U1 and the 2nd winding unit U2, and the continuum which extends while coiling around the lower magnetic pole 13 (back end section 13B) and the up magnetic pole 17 (back end section 17B) by turns is made. Specifically per [ U1 ] 1st winding, the thin film coil 9 is winding [ the thin film coil 9 ] in the clockwise direction in the counterclockwise direction focusing on the up magnetic pole 17 per [ 2 ] winding and 2nd winding focusing on the lower magnetic pole 13. That is, the orbit of the thin film coil 9 seen from the pneumatic bearing side 20 side draws the character of "8" (refer to drawing 22). Suppose that the structure of the thin film coil 9 is especially called "balance volume structure" in the following explanation paying attention to the point that a coil mainly coils around the both sides of the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17 equally (often [ balance ]). It connects with the external circuit which is not illustrated and both lead-wire 9F1 connected to the both ends of the thin film coil 9 and 9F2 can make it flow through the thin film coil 9 by this external circuit now.

[0046] With reference to <operation of the thin film magnetic head> next drawing 12, drawing 21, and drawing 22, operation of the thin film magnetic head concerning the form of this operation is explained.

[0047] In this thin film magnetic head, if Current I flows in the thin film coil 9 toward lead-wire 9F1 to 9F2 through the external circuit which is not illustrated at the time of informational record operation, magnetic flux J will occur according to this. At this time, per [ U1 ] 1st winding, the flow of the magnetic flux J which spreads the inside of the lower magnetic pole 13 toward back when Current I flows arises so that it may wind in the clockwise direction, and when Current I flows per [ U2 ] 2nd winding on the other hand so that it may wind in the counterclockwise direction, the flow of the magnetic flux J which spreads the inside of the up magnetic pole 17 toward the front arises. Thereby, the magnetic flux generated with the thin film coil 9 spreads the inside of a magnetic path toward the up magnetic pole 17 (point 17A) from the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

lower magnetic pole 13, and, finally reaches a part for the point by the side of the pneumatic bearing side 20 of point 17A. By the magnetic flux which reached a part for the point of point 17A, the signal magnetic field for record occurs in the about 14 record gap layer exterior. In addition, by passing Current I to an opposite direction toward lead-wire 9F2 to 9F1, magnetic flux spreads the inside of a magnetic path toward the lower magnetic pole 13 from the up magnetic pole 17, and the case where it is the above, and the signal magnetic field of a retrose occur. By these signal magnetic fields, a magnetic-recording medium can be magnetized partially and information can be recorded.

[0048] On the other hand, sense current is passed on the MR film 5 at the time of informational reproduction operation. Since the resistance of the MR film 5 changes according to the regenerative-signal magnetic field from a magnetic-recording medium, it can read the information currently recorded on the magnetic-recording medium by detecting the resistance change by change of sense current.

[0049] With reference to <an operation and effect> of the form of this operation next drawing 12, and drawing 23, an operation and effect of the form of this operation are explained. Drawing 23 expresses the cross-section composition of the thin film magnetic head as an example of comparison over the thin film magnetic head of the form of this operation, and corresponds to drawing 12. Drawing 23 shows the case where it, for example, has the helical structure where the thin film coil 99 winds the circumference of the up magnetic pole 17 (yoke section 17B). With the form of this operation, since it was made to have the balance volume structure which extends along the extension direction of the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17 as shown in drawing 12 while the thin film coil 9 continued by turns and included the 1st winding unit U1 and the 2nd winding unit U2, while shortening the time which manufacture of the thin film magnetic head takes for the following reasons, the manufacture yield can be raised.

[0050] That is, in order to realize the miniaturization of the thin film magnetic head, it is necessary to make between the coils of a coil close and to miniaturize a thin film coil. However, since each distance D1 between coils will become small if between coil coils is made close while an advantage is acquired in the point of being smaller than the case where the field (occupancy field) which a coil occupies has spiral structure, when manufacturing the thin film magnetic head (refer to drawing 23) as an example of comparison in which the thin film coil 99 which has helical structure was carried, a high formation precision is required on the occasion of formation of the thin film coil 99. In such a case, if the formation precision of the thin film coil 99 is not enough or a delicate gap arises for formation precision at the time of thin film coil 99 formation, it may originate in contact between coil coils, a short circuit etc. may arise, and the manufacture yield of the thin film magnetic head may fall.

[0051] Here, as the technique of forming the thin film coil 99 with high precision, there is the method of carrying out flattening of the front face of the ground in the formation field of the thin film coil 99 using polish processing, for example. Since it will originate in the reflected light reflected in the direction of slant, or a longitudinal direction from the front face of a ground in the exposure process for forming a frame pattern and the formation precision of a frame pattern will fall if the front face of a ground is making irregularity in case a thin film coil is formed for example, using the frame galvanizing method, this suppresses the bad influence by the reflected light by grinding and carrying out flattening of the front face of a ground. However, since the number of manufacturing processes will increase if polish processing is performed, the time which manufacture of the thin film magnetic head takes will become long. That is, in the case of the example of comparison, it was difficult to reconcile the miniaturization of the thin film coil 99, and the improvement in the manufacture yield etc.

[0052] On the other hand, although the distance D2 (about D 2= D1) between coil parts 9C narrows with the form of this operation according to the miniaturization of a coil as shown in drawing 12, distance with sufficient distance D3 between coil parts 9A and distance D4 (about D 3= D4) between coil parts 9E is secured. In such a case, although a high formation precision is required about formation of coil parts 9C, formation precision to the extent that it requires for formation of coil parts 9C about formation of the coil parts 9A and 9E is not needed. Therefore, with the form of this operation, rather than the case of the above-mentioned example of

THIS PAGE BLANK (USPTO)

comparison, in order that the rate of the portion as which a high formation precision is required among the thin film coils 9 may decrease (when forming the thin film coil 99), possibility that faults, such as a short circuit, will arise falls and the manufacture yield of a thin film coil improves. And although the field (occupancy field) which the thin film coil 9 which has balance volume structure occupies becomes large a little rather than the occupancy field of the thin film coil (for example, thin film coil 99) which has helical structure, since the occupancy field becomes small sharply compared with the thin film coil which has spiral structure, the miniaturization of the thin film coil 9 can also realize it.

[0053] Furthermore, with the form of this operation, since it is not necessary to perform polish processing to formation of the coil parts 9A and 9E in the formation process of these parts based on not requiring a high formation precision, by easy-izing formation of the thin film coil 9, the number of manufacturing processes can be cut down and the time which manufacture of the thin film magnetic head takes can be shortened. That is, unlike the thin film magnetic head (JP,5-242429,A, a utility model No. 3033043, JP,5-101337,A) illustrated in the term of a Prior art, in the form thin film magnetic head of this operation, the miniaturization of a coil and the improvement in the manufacture yield etc. can be reconciled proper.

[0054] Moreover, with the form of this operation, it has an advantage also in the viewpoint concerning suppression of generating of the noise component resulting from the generating timing of magnetic flux. The structure of the thin film magnetic head as other examples of comparison as opposed to [ as opposed to / the structure of the thin film magnetic head of the form of this operation / in drawing 24 ] the thin film magnetic head of the form of this operation in drawing 25 is shown typically, respectively. The thin film coil 109 (for example, six numbers of turns) shown in drawing 25 has helical structure, and is making the continuum with which winding unit U3A, U3B and U3C which wind the circumference of the lower magnetic pole 13 along the extension direction, and winding unit U4A which winds the circumference of the up magnetic pole 17 along the extension direction, U4B and U4C were connected. With this thin film coil 109, the generating state of the magnetic flux at the time of passing current becomes unequal. Namely, if current is passed in the thin film coil 209, the generating field of magnetic flux will shift in order of winding unit U3A, U3B, U3C, U4C, U4B, and U4A. After magnetic flux occurs in the field (U3A, U3B, U3C) of the lower magnetic pole 13, magnetic flux will occur in the field (U4A, U4B, U4C) of the up magnetic pole 17. In such a case, since the generating timing of magnetic flux differs greatly by the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17, movement of an uneven magnetic domain wall will arise and light after noises, such as a popcorn noise, will occur.

[0055] On the other hand, with the form (refer to drawing 24 ) of this operation, supposing it has the same number of turns (6 times) as the thin film coil 109, the generating field of magnetic flux shifts in order of U1A, U2A, U1B, U2B, U1C, and U2C, and the generating timing of magnetic flux is equated as the whole magnetic pole including the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17. Thereby, unlike the case of the above-mentioned example of comparison, generating of light after noises, such as popcorn, can be suppressed.

[0056] Moreover, with the form of this operation, when the thin film coil 9 has balance volume structure, it will also have an advantage of stabilization of a recording characteristic besides suppression of generating of the above-mentioned noise component. Drawing 26 shows typically the structure of the thin film magnetic head as an example of comparison of further others over the thin film magnetic head of the form of this operation, and the thin film coil 209 has for example, spiral structure. the amount J2 of magnetic flux held in the magnetic-path component part to the amount J1 of magnetic flux generated with the thin film coil 209 which has spiral structure, the hold efficiency 209, i.e., the thin film coil, of magnetic flux J to a magnetic-path component part (the lower magnetic pole 13, up magnetic pole 17), -- comparatively ( $J_2/J_1$ ) -- not being enough . Because, the magnetic flux J generated among the magnetic flux J generated with the thin film coil 209 more back than the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17 is the shell which is hard to hold in a magnetic-path component part.

[0057] On the other hand, with the form (refer to drawing 24 ) of this operation, since all the portions of the thin film coil 9 approach the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17 and are winding the circumference, the magnetic flux J generated with the thin film coil 9 is fully

THIS PAGE BLANK (USPTO)

held in a magnetic-path component part, and the hold efficiency of the magnetic flux J to a magnetic-path component part improves. Thereby, the flux density in point 13A of the up magnetic pole 13 increases, and the stable recording characteristic can be secured.

[0058] Moreover, with the form of this operation, it has an advantage also in the viewpoint of the RF response characteristic of the thin film magnetic head. That is, generally, the RF response characteristic of the thin film magnetic head improves, so that the coil inductance of a thin film coil becomes small. It is known that the coil inductance of a thin film coil will decrease as the radius (coil radius) of the portion which makes the shape of a ring of for example, the thin film coils becomes small. With the thin film coil 209 (refer to drawing 26) which has spiral structure, since a coil radius increases according to the increase in the number of turns of a coil, a coil inductance will become large and a RF response characteristic will deteriorate. On the other hand, with the thin film coil 9 (refer to drawing 24) of the form of this operation, since a coil radius is maintained when a coil radius becomes small and the number of turns of a coil is made to increase from the case of the thin film coil 209, a coil inductance can be made small and a RF response characteristic can be raised.

[0059] This is clear from the experimental result about the excitation magnetic influence of the thin film magnetic head shown in drawing 27. Drawing 27 is an experimental result about the standup property of the excitation magnetic field L. The "horizontal axis" in drawing expresses Time T, a "vertical axis" expresses excitation magnetic-field-strength L, respectively, and the thin film magnetic head (refer to drawing 24) of the form of this operation which carried the thin film coil 9 with which "A" has balance volume structure, and "B" express the property of the thin film magnetic head (refer to drawing 26) as an example of comparison of having carried the thin film coil which has spiral structure, respectively. In addition, the yield of the magnetic flux in the thin film magnetic head of "A" and "B" is the same. As shown in drawing 27, the standup inclination of the excitation magnetic field L in the thin film magnetic head (A) of the form of this operation is steeper than the standup inclination of the excitation magnetic field L in the thin film magnetic head (B) as an example of comparison, and it is stabilized more for a short time.

[0060] In addition, although the thin film coil 9 was constituted from a form of this operation as the aggregate of five kinds of coil parts (9A-9E), it is not necessarily restricted to this and the number of the kinds of coil parts which constitute the thin film coil 9 can be changed freely. As shown in drawing 28, while carrying out "9G" of the coil parts 9B and 9C and specifically forming them really, it really forms, using the coil parts 9D and 9E as "9H", and the thin film coil 9 may be made to be constituted by three kinds of call parts (9A, 9G, 9H). Since the number of manufacturing processes which formation of the thin film coil 9 takes by lessening the coil number of multipart forms is cut down, the time which manufacture of the thin film magnetic head takes can be shortened. In addition, structures other than the above in the thin film magnetic head shown in drawing 28 are the same as that of the case of drawing 21.

[0061] Moreover, although it was made for the thin film coil 9 to wind [ in / winding and the 2nd winding unit U2 / in the thin film coil 9 ] in the clockwise direction in the counterclockwise direction focusing on the up magnetic pole 17 focusing on the lower magnetic pole 13 in the 1st winding unit U1 with the gestalt of this operation as shown in drawing 21 and drawing 22 It is not necessarily restricted to this and may be made to make reverse the winding direction of the thin film coil 9 in the 1st winding unit U1 and the 2nd winding unit U2. Also in this case, the same effect as the case of the gestalt of the above-mentioned implementation can be acquired.

[0062] Moreover, with the gestalt of this operation, although the thin film coil 9 wound the circumference of the up magnetic pole 17 for the circumference of the lower magnetic pole 13 in winding and the 2nd winding unit U2 in the 1st winding unit U1 It is not necessarily restricted to this and you may make it wind the circumference of the lower magnetic pole 13 for the circumference of the up magnetic pole 17 in winding and the 2nd winding unit U2 in the 1st winding unit U1.

[0063] Moreover, with the gestalt of this operation, as for the number of winding of the thin film coil 9 in each winding unit (U1, U2), the thin film coil 9 can change the circumference of the up magnetic pole 17 freely, although the thin film coil 9 wound [ in / 1 time winding and the 2nd winding unit U2 / on the 1st winding unit U1 and ] the circumference of the lower magnetic pole

THIS PAGE BLANK (USPTO)

13 once. It is good also as multiple times and the number of winding in the 1st winding unit U1 and the 2nd winding unit U2 may be made for the number of winding to specifically differ from the 1st winding unit U1 per [ U2 ] 2nd winding. However, as described above, it is [ that the yield of the magnetic flux in the lower magnetic pole 13 circumference and the yield of the magnetic flux in the up magnetic pole 17 circumference should be made equal ] desirable, when changing the number of winding of the thin film coil 9 to make the same the total number of winding in the 1st winding unit U1 and the total number of winding in the 2nd winding unit U2.

[0064] As mentioned above, although the gestalt of operation was mentioned and this invention was explained, this invention is not limited to the gestalt of the above-mentioned implementation, and can deform variously. For example, although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the case where the coil structure (balance volume structure) of this invention was applied to the thin film coil carried by the thin film magnetic head, it is not necessarily restricted to this and can apply to other magnetic heads (for example, video head etc.) which have the same structure (the two magnetic substance which counters, and coil for magnetic-flux generating) as others and this and a mechanism (record, reproduction) of operation. [ magnetic head / thin film ] Also in this case, the same effect as the case of the gestalt of the above-mentioned implementation can be acquired.

[0065] Moreover, although the form of the above-mentioned implementation explained the case where the thin film coil 9 had only balance volume structure, it is not necessarily restricted to this and you may make it the thin film coil 9 include others and spiral structure or helical structure. [ structure / balance volume ] Of course, you may make it the thin film coil 9 include balance volume structures, spiral structures, and all the helical structures.

[0066] moreover, the flat-surface configuration of a series of components containing the lower magnetic pole 13 and the up magnetic pole 17 in a form of the above-mentioned implementation cannot necessarily be restricted to what was shown in drawing 15 or drawing 18 , it can be alike to secure the function of each component as much as possible, it can set, and the flat-surface configuration of a series of components can be changed freely

[0067] Moreover, that the formation method, formation material, etc. concerning formation of a series of components which constitute the thin film magnetic head reproduce the structural feature, the quality-of-the-material-feature, etc. of not only a thing but each component of having not necessarily explained in the form of the above-mentioned implementation can deform freely the formation method of a series of components, formation material, etc. as much as possible.

[0068] Moreover, for example, with the form of the above-mentioned implementation, although the compound-die thin film magnetic head was explained, this invention is applicable also to the thin film magnetic head which has the thin film magnetic head only for records and the induction-type MAG sensing element of record / reproduction combination which have an induction-type MAG sensing element for writing. Moreover, this invention is applicable also to the thin film magnetic head of the structure where read with the element for writing and the built-up sequence of the element of business was reversed.

[0069]

[Effect of the Invention] Since the coil made the continuum which comes to connect the 1st winding unit and the 2nd winding unit by turns according to the magnetic head according to claim 1 or 2 as explained above, the rate of the portion which requires a high formation precision among coils decreases. Therefore, the manufacture yield can be raised while being able to shorten the time which manufacture of the magnetic head takes, miniaturizing a coil.

[0070] Since the continuum with which a thin film coil comes to connect the 1st winding unit and the 2nd winding unit by turns was made especially according to the manufacture method of the magnetic head according to claim 2 or the thin film magnetic head according to claim 3, the rate of the portion which requires a high formation precision among thin film coils decreases.

Therefore, the manufacture yield can be raised while being able to shorten the time which manufacture of the thin film magnetic head takes, miniaturizing a thin film coil.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a cross section for explaining one process in the manufacture method of the thin film magnetic head concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is a cross section for explaining the process following drawing 1 .

[Drawing 3] It is a cross section for explaining the process following drawing 2 .

[Drawing 4] It is a cross section for explaining the process following drawing 3 .

[Drawing 5] It is a cross section for explaining the process following drawing 4 .

[Drawing 6] It is a cross section for explaining the process following drawing 5 .

[Drawing 7] It is a cross section for explaining the process following drawing 6 .

[Drawing 8] It is a cross section for explaining the process following drawing 7 .

[Drawing 9] It is a cross section for explaining the process following drawing 8 .

[Drawing 10] It is a cross section for explaining the process following drawing 9 .

[Drawing 11] It is a cross section for explaining the process following drawing 10 .

[Drawing 12] It is a cross section for explaining the process following drawing 11 .

[Drawing 13] It is a plan corresponding to the state which showed in drawing 2 .

[Drawing 14] It is a plan corresponding to the state which showed in drawing 4 .

[Drawing 15] It is a plan corresponding to the state which showed in drawing 5 .

[Drawing 16] It is a plan corresponding to the state which showed in drawing 6 .

[Drawing 17] It is a plan corresponding to the state which showed in drawing 7 .

[Drawing 18] It is a plan corresponding to the state which showed in drawing 8 .

[Drawing 19] It is a plan corresponding to the state which showed in drawing 9 .

[Drawing 20] It is a plan corresponding to the state which showed in drawing 10 .

[Drawing 21] It is a perspective diagram showing the completion state of a thin film coil, a lower magnetic pole, and an up magnetic pole.

[Drawing 22] It is drawing which simplifies and expresses the structure of a thin film coil.

[Drawing 23] It is a cross section showing the structure of the thin film magnetic head as an example of comparison over the thin film magnetic head of the gestalt of this operation.

[Drawing 24] It is drawing which expresses typically the structure of the thin film magnetic head of the gestalt of this operation.

[Drawing 25] It is drawing which expresses typically the structure of the thin film magnetic head as other examples of comparison over the thin film magnetic head of the gestalt of this operation.

[Drawing 26] It is drawing which expresses typically the structure of the thin film magnetic head as an example of comparison of further others over the thin film magnetic head of the gestalt of this operation.

[Drawing 27] It is drawing showing the experimental result about excitation magnetic influence.

[Drawing 28] It is a perspective diagram showing the modification concerning the structure of the thin film magnetic head of the gestalt of this operation.

[Description of Notations]

1 [ — 4 A lower shield layer 6 / -- Shield gap film, ] — 2 A substrate, 11 — An insulating layer,  
3 5 [ -- Insulator layer, ] -- 7 MR film, 10 -- An up shield layer, 8, 12, 15, 16, 18 9 99,109,209 --

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A thin film coil, 9A (nine A1, nine A2, nine A3), 9B, 9C (9C1, 9C2, 9C3, 9C4, 9C5, 9C6, 9C7), 9D, 9E (nine E1, nine E2, nine E3), 9G, 9H — Coil parts, 9F1, 9F2 [ — Precursive insulating layer, ] — Lead wire, 11H, 18H — A connection hole, 11P 13 [ — Back end section, ] — A lower magnetic pole, 13A, 17A — A point, 13B, 17B 14 [ — A pneumatic bearing side, 100 / — A magnetic pole portion, I / — Current, J / — Magnetic flux, TH / — Throat height, U1 (U1A, U1B U1C) / — The 1st winding unit, U2 (U2A, U2B, U2C) / — 2nd winding unit. ] — A record gap layer, 19 — An overcoat layer, 20

---

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)